

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS MECÁNICOS

TEMA:
IMPLEMENTACIÓN DE BIOMASA Y ENERGÍA SOLAR EN UNA
VIVIENDA ECOLÓGICA TEMPORAL EN LA EMPRESA AUTOPARTES Y
AUTOGRÚAS FCN S.A. CON UNA CAPACIDAD DE 1.5 kW·h

AUTORES:
JUAN CARLOS CALÁN POZO
ÁLBARO PAÚL RUALES YÉPEZ

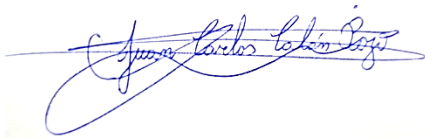
TUTOR:
WILLIAM GIOVANNY QUITIAQUEZ SARZOSA

Quito, septiembre 2018

Cesión de derechos de autor

Nosotros, Juan Carlos Calán Pozo con documento de identificación N° 040143978-1 y Álvaro Paúl Ruales Yépez con documento de identificación N° 172279571-1, declaramos que por nuestra propia voluntad cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana los derechos de autoría intelectual y patrimonial sobre el trabajo titulado: “Implementación de biomasa y energía solar en una vivienda ecológica temporal en la empresa Autopartes y Autogrúas FCN S.A. con una capacidad de 1.5 kW·h”, trabajo que ha sido desarrollado por nosotros para obtener el título de: Ingeniero Mecánico, en la antes nombrada institución. Declarado lo anterior, damos por sentado que la Universidad Politécnica Salesiana tiene la total facultad para ejercer plenamente los derechos cedidos.

Basados en lo que determina la Ley de Propiedad Intelectual y en condición de autores, se reservan los derechos morales de la presente obra. Para dar fe a todo lo expuesto, se adjunta este documento a la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Juan Carlos Calán Pozo
C.I.: 040143978-1



Álvaro Paúl Ruales Yépez
C.I.: 172279571-1

Quito, septiembre de 2018

Declaratoria de coautoría

Yo, William Giovanni Quitiaquez Sarzosa, en calidad de docente en la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Implementación de biomasa y energía solar en una vivienda ecológica temporal en la empresa Autopartes y Autogrúas FCN S.A. con una capacidad de 1.5 kW·h”, realizado por Juan Carlos Calán Pozo y Álbaro Paúl Ruales Yépez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.



William Giovanni Quitiaquez Sarzosa
C.I. 1721609764

Quito, septiembre de 2018

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis padres, Ólger y Esperanza por haber depositado en mí la confianza para poder estudiar tan prestigiosa carrera universitaria y ser un ejemplo a seguir, a mi hijo Ángel y a Michelle que son un apoyo incondicional en mi vida, a mis hermanos quienes me han brindado la ayuda necesaria para poder culminar una etapa más de mi vida. En general a todos quienes han creído en mí y me han permitido ser una mejor persona día a día con sus enseñanzas.

Paúl

Este documento va dedicado a todo aquel que logre obtener de este trabajo el tesoro máspreciado que puede tener un ser humano, el conocimiento.

Juan Carlos

Agradecimiento

A la Universidad Politécnica Salesiana y a todos los docentes que me brindaron las herramientas necesarias para adquirir conocimientos en cada materia impartida durante toda la carrera universitaria.

A nuestro tutor, Ing. William Giovanny Quitiaquez Sarzosa quien estuvo al pendiente desde el inicio hasta la culminación del presente proyecto de investigación aportando sus conocimientos en cada etapa cruzada.

Paúl

A todas las personas que lo hicieron posible, en especial a mi familia.

Juan Carlos

ÍNDICE DE CONTENIDO

Cesión de derechos de autor.....	I
Declaratoria de coautoría	II
Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
RESUMEN.....	XIX
ABSTRACT	XX
INTRODUCCIÓN	XXI
OBJETIVOS	XXIII
Objetivo general	XXIII
Objetivos específicos.....	XXIII
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO, ESTADO DEL ARTE Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE LOS PANELES SOLARES, BOMBA DE CALOR Y TIPO DE VIVIENDA	1
1.1. Antecedentes de la investigación	1
1.2. Contaminación ambiental	5
1.2.1. Factores que producen la contaminación ambiental.....	6
1.2.2. Reducción de contaminación ambiental.....	6
1.2.3. Regla de las tres eres	7
1.2.3.1. Reducir	7
1.2.3.2. Reutilizar	8
1.2.3.3. Reciclar.....	8
1.2.4. Equipo autosustentable.....	8
1.3. Biomasa.....	9
1.3.1. Uso de contenedores marítimos como viviendas ecológicas	9
1.4. Energía.....	10
1.4.1. Tipos de energía	11
1.4.1.1. Energía mecánica.....	11
1.4.1.2. Energía térmica.....	11

1.4.1.3.	Energía química.....	11
1.4.1.4.	Energía nuclear	11
1.4.1.5.	Energía eléctrica	11
1.4.1.6.	Intensidad de corriente	12
1.4.1.7.	Resistencia eléctrica	12
1.4.1.8.	Voltaje	12
1.4.1.9.	Potencia	12
1.4.1.10.	Demanda energética	12
1.5.	Energía solar	13
1.5.1.	Radiación.....	13
1.5.1.1.	Radiación directa.....	13
1.5.1.2.	Radiación difusa	13
1.5.1.3.	Radiación reflejada.....	14
1.5.2	Irradiancia	14
1.5.3.	Insolación radiación extraterrestre	14
1.6.	Energía solar fotovoltaica	14
1.6.1.	Componentes del sistema solar fotovoltaico	15
1.6.2.	Principio de funcionamiento	15
1.7.	Energía solar térmica	17
1.8.	Sistema solar fotovoltaico para producción de energía eléctrica	17
1.8.1.	Panel fotovoltaico.....	17
1.8.1.1.	Módulos policristalinos	18
1.8.1.2.	Módulos mono-cristalinos	18
1.8.2.	Sistema de almacenamiento	18
1.8.2.1.	Baterías ácidas	18

1.8.2.2.	Baterías de gel	19
1.8.2.3.	Baterías de níquel	19
1.8.3.	Regulador o controlador de carga	19
1.8.4.	Inversor.....	20
1.9.	Sistemas solares termodinámicos para producción de agua caliente sanitaria.....	20
1.10.	Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos.....	20
1.11.	Bombas de calor.....	22
1.11.1.	Bomba de calor asistida por energía solar	22
1.11.1.1.	Componentes de una bomba de calor asistida por energía solar	23
1.12.	Panel termodinámico	23
1.13.	Refrigerantes	24
1.14.	TRNSYS	26
1.15.	Selección de alternativas.....	26
1.15.1.	Parámetros por considerar en la selección de paneles solares fotovoltaicos.....	26
1.15.2.	Parámetros analizados en la selección de alternativas en bombas de calor.....	28
1.15.3.	Parámetros a considerar en la selección de alternativas en tipo de vivienda.....	30
CAPÍTULO 2	33
DIMENSIONAMIENTO FOTOVOLTAICO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA		33
2.1.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	33
2.1.2.	Irradiancia de la ciudad de Tulcán.....	37
2.1.3.	Horas de pico solar (HPS)	37
2.1.4.	Días de autonomía	37
2.1.5.	Cálculo consumo eléctrico.....	38
2.1.6.	Cálculo del número de paneles	39
2.1.7.	Cálculo del inversor.....	40
2.1.8.	Dimensionamiento de la batería	41
2.1.9.	Dimensionamiento del controlador de carga	42

2.2. Cálculos de la bomba de calor asistida por energía solar	43
2.2.1. Colector solar / evaporador	44
2.2.2. Compresor	47
2.2.3. Condensador.....	48
2.2.4. Válvula de expansión	49
2.2.5. Evaluación del rendimiento térmico	50
CAPÍTULO 3	52
IMPLEMENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	52
3.1. Adecuación del contenedor marítimo para vivienda	52
3.2. Ensayos.....	52
3.2.1. Determinación del ángulo óptimo de los paneles solares	52
3.2.2. Carga de la batería.....	53
3.2.3. Descarga de la batería	54
3.2.4. Radiación solar.....	55
3.2.5. Temperatura	56
3.2.6. Velocidad del viento	57
3.2.7. Ganancia de calor.....	58
3.2.6. Compresor	60
3.2.7. Temperatura en el colector / evaporador.....	62
3.2.8. Temperatura termográfica en el colector / evaporador	63
3.2.9. Temperatura del agua.....	64
3.2.10. Rendimiento del sistema	65
3.2.11. Simulación en el software TRNSYS.....	65
3.2.12. Estudio ambiental.....	68
3.3. Equipos y materiales.....	69
3.3.1. Camper	69

3.2.2. Bomba de calor	70
3.3.3. Sistema fotovoltaico.....	70
3.3.3. Adecuación de baño y ducha.....	71
3.4. Análisis comparativo de diferentes fuentes de energía.....	71
3.4.1. Energía eléctrica.....	71
3.4.1. Energía proveniente de combustibles fósiles (Gas licuado de petróleo)..	72
3.5. Ahorro económico	73
3.6. Costos de mantenimiento.....	73
3.7. Análisis económico.....	74
3.7.1. Valor Actual Neto	75
3.7.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	76
3.7.3. Período de Recuperación del Capital	77
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS	82
ANEXOS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Contaminación del aire	6
Figura 1.2 Regla de las tres eres (3R)	7
Figura 1.3 Tipos de radiación	14
Figura 1.4 Componentes de un sistema solar fotovoltaico	15
Figura 1.5 Bomba de calor de expansión directa asistida por energía solar	23
Figura 1.6 Panel termodinámico	24
Figura 1.7. Evolución en los usos de refrigerantes	25
Figura 2. 1 Panel solar fotovoltaico	34
Figura 2. 2 Batería.....	35
Figura 2. 3 Inversor	35
Figura 2. 4 Controlador de carga	36
Figura 2. 5 Conexión de los paneles solares	42
Figura 2. 6 Diagrama T-s del ciclo real de compresión de vapor	43
Figura 2. 7 Diagrama P-h del ciclo de compresión de vapor	44
Figura 3. 1 Contenedor marítimo adecuado para vivienda	52
Figura 3. 2 Descarga de la batería.....	54
Figura 3. 3 Voltaje de la batería.....	55
Figura 3. 4 Variación de la radiación solar medida.	56
Figura 3. 5 Variación de la temperatura ambiente.....	56
Figura 3. 6 Variación de la temperatura interior del contendor marítimo.	57
Figura 3. 7 Variación de la velocidad de viendo.....	57
Figura 3. 8 Ganancia de calor en el colector.....	58
Figura 3. 9 Ganancia de calor por el refrigerante R410A.....	59
Figura 3. 10 Calor total ganado en el condensador.....	59
Figura 3. 11 Potencia requerida del compresor.....	60
Figura 3. 12 Variación del flujo másico del refrigerante R410A.....	60
Figura 3. 13 Presión de entrada y salida del refrigerante R410A en el compresor....	61
Figura 3. 14 Temperatura de entrada y salida del refrigerante R410A	61

Figura 3. 15	Diagrama de presiones y temperaturas en el equipo	62
Figura 3. 16	Variación de la temperatura del refrigerante R410A	62
Figura 3. 17	Temperaturas del colector / evaporador.	63
Figura 3. 18	Distribución 3D de la temperatura en el colector / evaporador.	64
Figura 3. 19	Variación del COP en la bomba de calor.	65
Figura 3. 20	Componentes para simular la radiación solar.....	65
Figura 3. 21	Radiación solar	66
Figura 3. 22	Componentes para simular el comportamiento del agua.....	67
Figura 3. 23	Temperatura del agua	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica	16
Tabla 1.2	Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica	21
Tabla 1.3	Alternativas de solución en paneles solares fotovoltaicos	27
Tabla 1.4	Análisis cuantitativo de las alternativas en paneles solares fotovoltaicos	28
Tabla 1.5	Alternativas de solución en bombas de calor	29
Tabla 1.6	Análisis cuantitativo de las alternativas en bombas de calor	30
Tabla 1.7	Alternativas de solución en el tipo de vivienda	31
Tabla 1.8	Análisis cuantitativo de las alternativas del tipo de vivienda	32
Tabla 2. 1	Características de los paneles solares.....	34
Tabla 2. 2	Características de la batería.....	35
Tabla 2. 3	Características del inversor	35
Tabla 2. 4	Características del controlador de carga	36
Tabla 2. 5	Irradiancia en la ciudad de Tulcán	37
Tabla 2. 6	Consumo diario de los equipos a instalar.....	39
Tabla 2. 7	Demanda eléctrica requerida.....	43
Tabla 2. 8	Parámetros iniciales de la bomba de calor	50
Tabla 3. 1	Selección de ángulo de paneles solares.....	53
Tabla 3. 2	Carga de la batería con paneles solares	53
Tabla 3. 3	Carga de la batería con equipo externo	54
Tabla 3. 4	Equipos conectados en las pruebas de descarga	54
Tabla 3. 5	Datos informativos de la imagen termográfica	63
Tabla 3. 6	Datos comparativos de temperaturas	63
Tabla 3. 7	Temperaturas del agua y condiciones climáticas	64
Tabla 3. 8	Componentes empleados en la simulación	66
Tabla 3. 9	Detalle de precios para adecuación del camper	69
Tabla 3. 10	Costos de materiales y equipos de la bomba de calor	70
Tabla 3. 11	Costos de materiales y equipos del sistema fotovoltaico	70
Tabla 3. 12	Construcción del baño y la ducha	71

Tabla 3. 13 Planilla de consumo eléctrico.....	72
Tabla 3. 14 Comparación de precios por fuente de energía	73
Tabla 3. 15 Promedio de inflación anual del Ecuador	74
Tabla 3. 16 Ingresos / ahorros	74
Tabla 3. 17 Gastos proyectados	75
Tabla 3. 18 Costo de oportunidad	75
Tabla 3. 19 Flujos de efectivo	76
Tabla 3. 20 Cálculo de la tasa interna de retorno	77
Tabla 3. 21 Recuperación de la inversión	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Carga de la batería con paneles solares	93
Anexo 2 Carga de la batería con equipo externo	93
Anexo 3 Descarga de la batería con consumo de 150 W y 330 W	93
Anexo 4 Inclinação de los paneles solares – Prueba 1	95
Anexo 5 Inclinação de los paneles solares – Prueba 2	97
Anexo 6 Inclinação de los paneles solares – Prueba 3	99
Anexo 7 Inclinação de los paneles solares – Prueba 4	101
Anexo 8 Inclinação de los paneles solares – Prueba 5	103
Anexo 9 Inclinação de los paneles solares – Prueba 6	105
Anexo 10 Inclinação de los paneles solares – Prueba 7	107
Anexo 11 Inclinação de los paneles solares – Prueba 8	109
Anexo 12 Inclinação de los paneles solares – Prueba 9	111
Anexo 13 Inclinação de los paneles solares – Prueba 10	113
Anexo 14 Inclinação de los paneles solares – Prueba 11	115
Anexo 15 Inclinação de los paneles solares – Prueba 12	117
Anexo 16 Inclinação de los paneles solares – Prueba 13	119
Anexo 17 Inclinação de los paneles solares – Prueba 14	121
Anexo 18 Inclinação de los paneles solares – Prueba 15	123
Anexo 19 Inclinação de los paneles solares – Prueba 16	125
Anexo 20 Inclinação de los paneles solares – Prueba 17	127
Anexo 21 Inclinação de los paneles solares – Prueba 18	129
Anexo 22 Inclinação de los paneles solares – Prueba 19	131
Anexo 23 Inclinação de los paneles solares – Prueba 20	133
Anexo 24 Inclinação de los paneles solares – Prueba 21	135
Anexo 25 Inclinação de los paneles solares – Prueba 22	137
Anexo 26 Inclinação de los paneles solares – Prueba 23	139
Anexo 27 Bomba de calor - Prueba 1	141
Anexo 28 Bomba de calor - Prueba 2	142

Anexo 29 Bomba de calor - Prueba 3	143
Anexo 30 Bomba de calor - Prueba 4	144
Anexo 31 Bomba de calor - Prueba 5	145
Anexo 32 Bomba de calor - Prueba 6	146
Anexo 33 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 1	147
Anexo 34 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 2	147
Anexo 35 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 3	148
Anexo 36 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 4	148
Anexo 37 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 5	149
Anexo 38 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 6	149
Anexo 39 Imágenes termográficas.....	150
Anexo 40 Carga de la batería con paneles solares	153
Anexo 41 Carga total con equipo externo.....	153
Anexo 42 Descarga de la batería con consumo de 150 W y 330 W	153
Anexo 43 Inclinación de los paneles solares.	154
Anexo 44 Resumen de las pruebas en la bomba de calor	154
Anexo 45 Instalación y adecuación del camper.....	155

SIMBOLOGÍA

α	Absortividad de la placa colectora [Adimensional].
$A_{con,o}$	Área exterior del tubo del condensador [m ²].
$A_{con,i}$	Área interior del tubo del condensador [m ²].
$A_{con,0}$	Área superficial promedio del tubo del condensador [m ²].
A_{col}	Área total del colector solar / evaporador [m ²].
c_w	Calor específico del agua [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹].
\dot{m}_r	Caudal másico del refrigerante [kg·s ⁻¹].
λ_{con}	Coefficiente de conductividad térmica del tubo del condensador [W·m ⁻¹ ·K].
COP	Coefficiente de desempeño [Adimensional].
ζ	Coefficiente de fuga de calor del tanque de agua.
U_L	Coefficiente de pérdida de calor total de la placa colectora [W·m ⁻² ·K ⁻¹].
α_w	Coefficiente de transferencia de calor por convección entre el agua y la superficie de la pared exterior del tubo del condensador [W·m ⁻² ·K ⁻¹].
α_i	Coefficiente de transferencia de calor por convección entre el refrigerante y la superficie de la pared interior del tubo del condensador [W·m ⁻² ·K ⁻¹].
h_c	Coefficiente de transferencia de calor por convección [W·m ⁻² ·K ⁻¹].
$U_{con,o}$	Coefficiente global de transferencia de calor en el área exterior del tubo del condensador [W·m ⁻² ·K ⁻¹].
λ_p	Conductividad térmica de la placa colectora [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹].
σ	Constante de Stefan-Boltzmann [W·m ⁻² ·K ⁻⁴].
d	Diámetro externo de la tubería [m].
D_{aut}	Días de autonomía [días].
w	Distancia entre las tuberías [m].
η_{com}	Eficiencia total del compresor [Adimensional].

φ	Eficiencia volumétrica del compresor [Adimensional].
ε	Emisividad de la placa colectora [Adimensional].
h_{inc}	Entalpía del refrigerante en la entrada del compresor [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$].
h_{outc}	Entalpía del refrigerante en la salida del compresor [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$].
$h_{e,i}$	Entalpía del refrigerante en la entrada de la válvula de expansión [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$].
$h_{e,o}$	Entalpía del refrigerante en la salida de la válvula de expansión [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$].
$h_{r,i}$	Entalpía del refrigerante en la entrada del colector solar [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$].
$h_{r,o}$	Entalpía del refrigerante en la salida del colector solar [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$].
V_d	Tasa de volumen de desplazamiento del compresor [m^3].
δ_p	Espesor de la placa colectora [m].
δ_{con}	Espesor del tubo del condensador [m].
F'	Factor de eficiencia del colector [Adimensional].
PGF	Factor de generación del panel.
\dot{Q}_r	Tasa de ganancia de calor del refrigerante en el colector solar [W].
Q_w	Ganancia de calor en el condensador [W].
\dot{Q}_{col}	Tasa de ganancia de calor útil del colector solar / evaporador [W].
k	Índice politrópico del vapor del refrigerante [Adimensional].
I_R	Intensidad de radiación en la placa colectora [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$].
I	Irradiancia [$\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$].
M_w	Masa total del agua en el tanque [kg].
P_{dis}	Presión de descarga del compresor [Pa].
P_{suc}	Presión de succión del compresor [Pa].
h_r	Radiación del cielo [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$].
T_{dis}	Temperatura de descarga del compresor [K].
T_{suc}	Temperatura de succión del compresor [K].

T_w	Temperatura del agua [K].
T_a	Temperatura del aire ambiente [K].
$T_{rm,com}$	Temperatura promedio del refrigerante en la entrada y salida de la sección infinitesimal del condensador.
T_{rm}	Temperatura a la entrada del colector solar [K].
N	Velocidad de rotación del compresor [rpm].
v	Velocidad del viento [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].
V_{suc}	Volumen específico del refrigerante en la entrada del compresor [$\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$].

RESUMEN

El presente proyecto de investigación consiste en implementar biomasa y energía solar en una vivienda ecológica temporal con una capacidad de 1.5 kW·h; el equipo fue probado bajo condiciones climáticas distintas. La toma de resultados se realizó en un intervalo de 5 minutos para la bomba de calor y en el caso del sistema fotovoltaico se tabularon cada 20 minutos desde las 6:20 hasta las 18:20, para la selección del ángulo óptimo en la ciudad de Tulcán se realizaron cuatro días de prueba con los ángulos 0°, 5°, 10°, 15°, 30° y 45°. La intensidad de corriente de entrada puede variar entre 7.71 A hasta 15.58 A. La máxima temperatura del agua alcanzada en el tanque de 100 litros fue de 45.2 °C en la mañana con radiación promedio de 433.21 W·m⁻² y temperatura ambiente de 13.47 °C en un periodo de 120 minutos. Por otro lado, durante la noche cuando la radiación fue de 0 W·m⁻² y en funcionamiento de la bomba de calor, el agua alcanzó una temperatura de 31.2 °C.

El sistema fotovoltaico puede brindar una demanda real de 2.44 kW·h que es la energía necesaria para cumplir con la demanda energética de una persona. Implementar un sistema solar fotovoltaico conlleva a costos de inversión inicial muy elevados, ésta inversión se recuperará en un período de 4 años 6 meses y 17 días.

La vida útil de los equipos se puede contribuir con el medio ambiente dejando de emitir 0.87 toneladas de CO₂ en un año, se puede aprovechar 20 años aproximadamente de energía limpia y gratis como es la energía obtenida del sol.

PALABRAS CLAVES: contenedor marítimo, radiación, bomba de calor, refrigerante R410A, energía solar, colector /evaporador, Tulcán, agua caliente.

ABSTRACT

The present research project is to implement “Biomass” and solar energy into a temporary green home with a capacity of 1.5 kW·h; the equipment was tested under different climatic conditions. The taking results was followed through at an interval of 5 minutes for the heat pump and in the case of the photovoltaic system was tabulated every 20 minutes from 6:20 to 18:20 h for the selection of the optimum angle in Tulcán City where were carried out four days of test with 0°, 5°, 10°, 15°, 30° and 45 angles. Input current intensity can vary from 7.71 to 15.58 to the maximum temperature of water reached in the tank of 100 liters was 45.2° C in the morning with an average radiation of 433.21 W·m⁻² and a room temperature of 13.47° C, over a period of 120 minutes. On the other hand, during the night when the radiation is 0 W·m⁻² in the heat water pump operation the water reached a temperature of 31.2°C.

The Photovoltaic system can test a real voltage demand of 2.44 kW·h which is an enough power to keep the energy required by a person. Implement a solar PV leads to very high startup investment costs, this investment will be recovered over a period of 4 years, 6 months and 17 days. The long life of the equipment can contribute to the environment, leaving issue of 0.87 tonnes of CO₂ per year, can take advantage of 20 years about clean and free energy as the energy taken from the sun.

KEY WORDS: Maritime container, radiation, heat pump, R410A refrigerant, solar energy, collector/ evaporator, Tulcán, hot water.

INTRODUCCIÓN

Con el pasar del tiempo la humanidad se ha dado cuenta de la gran problemática que supone la contaminación y degradación del medio ambiente, que es causada por el persistente progreso de las nuevas tecnologías las cuales utilizan para su funcionamiento combustibles fósiles. Para revertir el pésimo panorama que se avecina, se han buscado formas alternas de producir energía, como es el uso de energías limpias, con el firme propósito de conservar y proteger el entorno, a la vez que se intenta cubrir la creciente demanda energética requerida por la población mundial [1].

La contaminación en el planeta aumenta por la emisión de gases contaminantes al ambiente y por otros factores como por ejemplo el exceso de “basura” que se desecha a diario; en este caso se tratará específicamente de contenedores marítimos que han sido dados de baja después de cumplir su vida útil y no son aprovechados adecuadamente. “En el Ecuador por disposición de los Artículos 15 y 413 de la Constitución de la República del Ecuador, es responsabilidad del Estado promover la eficiencia energética, el desarrollo y el uso de prácticas tecnológicas, diversificadas, no contaminantes y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua” [2]. Por otro lado, el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, publicado en el Suplemento del Registro Oficial 144 de 5 de marzo del 2010, en su Política 4.3, establece diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles [2].

El presente proyecto se desarrolla con el fin de satisfacer una de las necesidades que tiene la empresa Autopartes y Autogrúas FCN S.A, el cual consiste en crear una vivienda ecológica temporal, que será usada para labores de vigilancia. El espacio donde se llevará a cabo este propósito se identifica como un lote baldío ubicado en la ciudad de Tulcán, el cual solamente cuenta con agua y alcantarillado, pero carece de energía eléctrica.

Al ser esta compañía una entidad comprometida con el medio ambiente, la investigación se orientará hacia el uso de tecnologías verdes las cuales se detallan a continuación.

- ✓ Un sistema fotovoltaico para producción de energía eléctrica
- ✓ Una bomba de calor termodinámica para calentamiento de agua sanitaria
- ✓ Uso de contenedores marítimos como vivienda.

La construcción de esta residencia, permitirá tener un lugar confortable y a la vez amigable con el medio ambiente.

Una vez identificadas las necesidades y alcances del proyecto, se realizará un estudio de las políticas y recomendaciones de varios organismos e instituciones para que esta residencia temporal ecológica tenga la capacidad de ofrecer una adecuada acogida a sus habitantes.

OBJETIVOS

Objetivo general

- ✓ Implementar fuentes renovables de energía como son la energía solar y la biomasa en una vivienda ecológica temporal en la empresa Autopartes y Autogrúas FCN S.A con una capacidad de 1.5 kW·h.

Objetivos específicos

- ✓ Recopilar información científica sobre fuentes renovables de energía aplicadas a los contenedores marítimos para ser utilizados en una vivienda ecológica temporal.
- ✓ Dimensionar una bomba de calor solar termodinámica, que será utilizada para el calentamiento de agua sanitaria necesaria para satisfacer la demanda requerida en un hogar ocupado por una persona.
- ✓ Dimensionar un sistema fotovoltaico para la producción de energía eléctrica necesaria para satisfacer la demanda requerida en una vivienda unipersonal.
- ✓ Evaluar el desempeño real de los equipos instalados en un contenedor marítimo reciclado, bajo las condiciones climáticas de la ciudad de Tulcán y compararlo con el desempeño teórico calculado.
- ✓ Realizar un análisis económico para determinar la rentabilidad del presente proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO, ESTADO DEL ARTE Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE LOS PANELES SOLARES, BOMBA DE CALOR Y TIPO DE VIVIENDA

En este capítulo se revisará la literatura correspondiente que servirá de soporte para el desarrollo de este proyecto. De la misma manera se obtendrá información técnica que permita justificar el porqué del uso de los equipos propuestos. Cabe recalcar la importancia que tiene analizar los antecedentes de la investigación a nivel mundial, con el fin de conocer el grado de conocimiento que se tiene actualmente sobre dicho tema.

1.1. Antecedentes de la investigación

Mediante la revisión de diferentes artículos científicos se han podido obtener datos reales relacionados con la investigación a ejecutarse. Los siguientes estudios brindan información acerca del impacto ambiental que tiene la implementación de fuentes renovables de energía y el aumento de la demanda de las mismas, las inversiones realizadas en energías limpias, los beneficios de utilizar un determinado equipo, entre otros.

De acuerdo con la Unión Española Fotovoltaica (UNEF) en el año 2015, la inversión en fuentes renovables de energía fue mayor en países del tercer mundo que en países desarrollados. La inversión alcanzó los 161 billones de dólares, debido a que la energía fotovoltaica aumentó en un 12 %. Los países que aportaron más energía solar fueron: China 15.2 GW, Japón 11 GW, y EEUU 7.3 GW [3]; mientras que los mercados fotovoltaicos españoles experimentaron una regresión (aumento ligero de apenas el 0.4 %), la cual queda en evidencia al comparar algunos valores: recientemente la potencia solar fotovoltaica alcanzó los 4667 MW, mientras que en 2014 esta cifra fue de 4672 MW y en 2013 fue de 4665 MW.

Por otro lado, en su informe anual la organización Red de Políticas de Energía Renovable para el siglo XXI (REN21) en el año 2016, la capacidad instalada de fuentes renovables de energía marcó un récord con 161 GW instalados, aumentando la capacidad total mundial de casi un 9 % con respecto al 2015. El 47 % de la capacidad añadida está representado por la energía solar fotovoltaica, seguida por la energía eólica con un 34 % y de la energía hidráulica con un 15.5 %. En cuanto a las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO₂) provenientes de combustibles fósiles y de la industria, se mantuvieron estables por tercer año consecutivo, a pesar del crecimiento del 3 % de la economía global y del aumento de la demanda energética [4].

Diversos estudios aportan testimonios acerca de los impactos que las actividades antrópicas producen en el medio ambiente. Siendo las unidades de construcción de acero intermodal (ISBU) una de las principales construcciones a nivel mundial por su relativamente bajo costo, se las ha tomado en consideración para realizar una evaluación ambiental [5]. Los datos indican que la industria de la construcción genera el 45 % de los gases de efecto invernadero [6] y que los impactos más significativos son el consumo de agua, agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global, es por ello que se debe optar por métodos más amigables con el ambiente para el sector de la construcción.

Desde otra perspectiva, a través de un estudio realizado en la Región Caribe Colombiana se constató que los efectos ocasionados por los proyectos de energía solar fotovoltaica y eólica son poco significativos pues alcanzan niveles de importancia máximos de 28 puntos sobre 100 posibles. Como ejemplo, se puede citar el proceso de fabricación de los paneles solares: por cada kW·h se emite 81.2 g de CO₂ equivalentes y se consumen 9.35 litros de agua [7].

Con el fin de disminuir la degradación del medio ambiente, se ha buscado la manera de reutilizar todos aquellos residuos que no son aprovechados adecuadamente tras haber cumplido su ciclo de vida, como es el caso los contenedores marítimos, a los cuales actualmente se les ha dado un propósito residencial. La American Society for Engineering Education (ASEE) considera que los contenedores son un valioso material para la construcción de hogares eficientes y baratos, debido a su diseño modular y a que están contruidos con acero corten resistente a la intemperie. Sin embargo, la resistencia de los contenedores se ve afectada porque muchos diseños de viviendas requieren la eliminación total de las paredes laterales; por lo que, actualmente, el uso de barandas de acero es la mejor opción para contrarrestar dicho efecto [8].

En la investigación teórico-experimental de los autores Izquierdo et al. [9] que consistía en alimentar una bomba de calor aire-agua reversible, capacidad de calefacción de 6 kW, con una micro-rejilla solar fotovoltaica (PV), se concluyó que para mantener una temperatura mínima y máxima de 1 y 16 °C, respectivamente se necesitaba de un campo PV que constara de 16 módulos, con área útil de 18.7 m² y total de 21 m². Cada módulo poseía células de silicio 48 poli-cristalina de 0.02434 m² con una eficiencia del 14 % y una potencia pico de 180 W. El sistema PV almacenaba electricidad en baterías 250 A·h y funcionaba suministrando 840 L/h de agua caliente a 35 hasta 45 °C al suelo radiante. También se confirmó que la eficiencia de los módulos era del 8.6 % y que la eficiencia global era de alrededor del 18.2 %.

Según Aguilar et al. [10] con un sistema de bomba de calor y PV utilizado para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) se puede eliminar la batería, almacenando la energía directamente en el agua caliente dentro del tanque del sistema. El sistema fue probado para la producción de ACS para abastecer a una familia de cuatro integrantes, el consumo energético es de aproximadamente en el 6.2 kW·h por día para calentar 130 litros a 55 °C, el coeficiente de desempeño (COP) de la bomba de calor es de 3.5 aportando una contribución del 60 % de energía solar, generando un ahorro de aproximadamente USD 40 al año.

En los últimos años se ha desarrollado una mayor inversión en las plantas de tratamiento de agua impulsadas por energía solar. En la actualidad, la mayoría de los procesos de tratamiento de agua por energía solar aún están en desarrollo, el alto costo del proceso es la principal limitante. El tratamiento de agua por energía solar a pequeña y mediana escala están en el rango de USD 0.2-22 /m³, mucho más alto que las plantas convencionales basadas en combustibles fósiles [11].

Existen estudios que evalúan los beneficios económicos que se obtendrían con el uso de determinados instrumentos, como, por ejemplo, un sistema de calefacción solar térmico de tubos al vacío para un ambiente de 45.5 m², el cual con tan sólo 3 horas de funcionamiento puede lograr una temperatura de 16 hasta 19.5 °C; lo que resulta muy beneficioso, pues sin dicho equipo el ambiente alcanzaría la misma temperatura en el doble de tiempo. Concluyendo así que su eficiencia térmica es del 36.8 % y que se podría obtener un ahorro de energía eléctrica de 23.4 kW·h/mes, lo que representa un ahorro económico de USD 23.4 /mes y una reducción de emisión de gases de efecto invernadero (G.E.I.) de 81.5 kg CO₂/mes, en comparación con un sistema de calefacción eléctrico de 4 kW [12].

La investigación del autor Stropnik et al. [13] se realizó una comparación de datos de un sistema PV con y sin material de cambio de fase (PCM), mediante una simulación de ambos en el software TRNSYS, se puede validar cuyo margen de error oscila entre 5 y 10 % con el fin de valorar cómo aumenta la eficiencia y la potencia de salida eléctrica del PV con el uso de PCM. Se demostró que la temperatura de la célula PV del panel convencional fue mayor en un máximo de 35.6 °C, en comparación con la temperatura del panel PV-PCM, confirmando así el descenso de la misma por el uso de PCM. Por otro lado, la salida de potencia eléctrica se incrementó del 4.3 al 8.7 % y la eficiencia energética aumento entre 0.5 y 1 %, en contraste con el PV convencional. En la actualidad la contaminación ambiental es un tema delicado, según un estudio realizado por Jinzhe et al. [14] en el Norte de China se analizó e implementó una bomba de calor para reemplazar los combustibles fósiles en la calefacción de espacios de

edificios residenciales. Con un refrigerante de la familia hidrofluorocarbonos (HFC) aumenta el COP de la bomba de calor, los resultados muestran que el refrigerante R152a tiene el COP más alto de los HFC. Las temperaturas críticas del refrigerante R152a alcanzan 103.89 °C, que es lo suficientemente alto para condensarse a 83 °C y proporcionar una temperatura del agua de 75 °C. El COP de la bomba de calor de fuente de aire con R152a varió de 2.03 a 5.71 cuando se opera en el caso diseñado (temperatura del aire exterior -12.5 hasta 12.5 °C, temperatura del agua de suministro 35 hasta 75 °C).

Xiangqiang et al. [15] en su investigación se centra en el diseño de una bomba de calor asistida por energía solar de expansión directa para suministrar ACS para implementar en Qingdao China. El refrigerante utilizado fue R134a. Los resultados experimentales del rendimiento térmico mostraron que durante la mayor parte del tiempo, cuando el volumen de agua a calentar fue de 0.195 m³ se alcanzó una temperatura entre 55 y 60 °C, el COP de la bomba de calor fue 4.47 en un tiempo aproximado de 279 minutos. A medida que aumentaba la intensidad de la radiación solar o la temperatura ambiente, el COP del sistema aumentaba y el tiempo de calentamiento disminuía. Cuando la intensidad de radiación llegaba a 700 W·m⁻² el tiempo de calentamiento era aproximadamente 205 minutos y el COP 4.05.

1.2. Contaminación ambiental

Se puede considerar a la contaminación ambiental como la introducción o presencia de sustancias u organismos en ambientes o sectores a los que no pertenecen en cantidades superiores a las propias del lugar, las cuales después de un tiempo suficiente y bajo ciertas condiciones pueden interferir con la salud y la comodidad de las personas o dañar los recursos naturales y alterar el equilibrio ecológico de la zona [16].

1.2.1. Factores que producen la contaminación ambiental

Las causas principales de contaminación ambiental son las actividades realizadas a diario por el hombre, en particular las productivas, es decir, aquellas que están relacionadas con la generación de energías, la industria o la agricultura. Por otro lado, las actividades no productivas también pueden ser causa de contaminación, éstas se refieren a las labores que se efectúan dentro del hogar o a las que están asociadas con el transporte y los servicios. La contaminación del entorno, incluso, es consecuencia de procesos sociales, siendo el crecimiento demográfico, los movimientos migratorios y la urbanización factores que pueden llegar a generar cantidades mayores de desechos. Actualmente, el uso generalizado de sustancias sintéticas con fines de uso en el hogar, la industria o la agricultura constituyen un factor importante en este proceso [16], en la figura 1.1 se puede apreciar emisiones contaminantes producidas por las industrias.



Figura 1.1 Contaminación del aire [17].

1.2.2. Reducción de contaminación ambiental

El impacto ambiental generado por las diferentes actividades humanas ha dado lugar al desarrollo y a la utilización de varios métodos normativos y políticos destinados a evitar, controlar y reducir la contaminación del medio ambiente. Para ello, se maneja la capacidad de asimilación, con el fin de controlar las emisiones tóxicas que deterioran y degradan el entorno natural. Las medidas que permiten lograr dichos objetivos ambientales consisten en suprimir los puntos de vertido en determinados medios como aire, agua o tierra [18].

1.2.3. Regla de las tres eres

La Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo estableció, el 19 de noviembre de 2008, la jerarquía de los residuos. El mismo que dispone como objetivo primordial de cualquier régimen en materia de desechos disminuir al mínimo los efectos negativos generados por los residuos sobre la salud humana y el medio ambiente. A partir de este concejo surge en Japón, en el año 2002, la iniciativa 3R que se difunde en la cumbre del G8 en junio de 2004, con el objetivo de fomentar mundialmente una sociedad orientada al reciclaje, donde se use de manera eficaz los recursos y materiales.

Así, aunque los elementos característicos que constituyen el concepto 3R son reducir, reutilizar y reciclar, hoy en día hay quienes hablan de 4R o 5R, ya que se han introducido nuevos términos como rechazar, reparar, repensar, regresar, reformar y reconvertir [19]. La reducción y reutilización de desechos corresponden al productor y al consumidor; mientras que reciclar, recuperar y eliminar competen al gestor [20], el logo que representa esta estrategia de preservación ambiental se puede observar en la Figura 1.2.



Figura 1.2 Regla de las tres eres (3R) [20].

1.2.3.1. Reducir

Disminuir la adquisición innecesaria de productos que poseen envoltorios que tardan demasiado tiempo en descomponerse y que son fabricados con materiales escasos como el petróleo, agua y madera [21].

1.2.3.2. Reutilizar

Actividad que consiste en volver a utilizar o en dar otro uso a un producto que muchas veces es considerado “basura”, pudiendo éste constituir algún artículo necesario para el hogar u oficina, esto evitará la generación de tantos desechos [21].

1.2.3.3. Reciclar

Este término suele confundirse con “separar” o “reutilizar”. Sin embargo, reciclar es adquirir materiales viejos o usados que serán procesados para obtener materia prima, a partir de la cual se pueden fabricar nuevos productos [21].

1.2.4. Equipo autosustentable

Para que un equipo sea autosustentable debe cumplir con los siguientes parámetros.

1.2.4.1. Amigable con el medio ambiente

Las industrias, proyectos y actividades deben mantenerse a la vanguardia de las innovaciones tecnológicas tanto en sus equipos, como en sus procesos de producción, es decir, buscar siempre opciones más limpias de producir; esto se puede alcanzar con equipos cuyas funciones ahorren energía, generen bajos impactos ambientales y reduzcan notablemente sus emisiones de gases o desechos [22].

1.2.4.2. Viable económicamente

Para que una empresa, producto o proyecto sean viables económicamente, estos deben generar beneficios, es decir, los ingresos deben ser superiores a los gastos. Una empresa que se dedica a operaciones de mecanizado o semejantes se considera como gasto o costo a los desembolsos que realizó para que a partir de una materia prima se obtuviera una pieza o conjunto mecánico mediante procesos específicos como, por ejemplo, producción, uso de energía, maquinaria, entre otros [23].

1.2.4.3. Socialmente equitativo

Es la mejora constante de los ámbitos sociales, económicos y ambientales, lo cual fortalecerá la satisfacción de los diferentes grupos de interés y brindará no sólo una buena imagen, sino también confiabilidad frente a los diferentes escenarios en que se encuentre [24].

1.3. Biomasa

El término biomasa hace referencia a un conjunto de recursos biológicos que son utilizados en la obtención de energía. Su aprovechamiento se lo puede realizar directamente, es decir, haciendo uso de la materia orgánica en su forma natural, utilizada como fuente de energía (biomasa de cultivos energéticos); o de forma indirecta, utilizando el material orgánico que ya proviene de algún proceso previo en el cual es considerado un residuo (biomasa residual).

Es precisamente el excedente de tierras de cultivo y de algunos productos agrícolas lo que hace de la actividad agraria una actividad atractiva destinada a la producción de energía. Así, los cultivos energéticos, destinados a la creación de biomasa, ya son una realidad en países como Brasil que obtiene bioetanol a través de la producción de caña de azúcar y Estados Unidos que cumple el mismo propósito con el maíz [25].

1.3.1. Uso de contenedores marítimos como viviendas ecológicas

Los contenedores marítimos tienen una vida útil que varía entre 12 y 20 años, dependiendo de su mantenimiento [26]. Después de este tiempo ya no pueden ser utilizados como medios de transporte, ya que pierden la esencia de su calidad, convirtiéndose así en bloques de acero destinados a cumplir varias funciones [27]; en este caso, se le dará una segunda oportunidad de vida útil como vivienda ecológica.

Día a día se desarrolla un nuevo sistema de construcción conocido como cargotectura, basado en contenedores de transporte remodelados, el cual surge como una alternativa sostenible y amigable con el entorno. Esta nueva rama de la arquitectura presenta un gran potencial, debido a que los contenedores tienen un diseño modular que los convierte en adecuados y excelentes elementos para la construcción rápida, económica, de positivo impacto ambiental y de imagen atractiva [28, 29].

Anteriormente los contenedores marítimos solamente eran utilizados como cajas de transporte de carga, que posteriormente eran desechados dando lugar a los “cementorios” de contenedores en los diferentes puertos del mundo. Sin embargo, hoy en día estas cajas pueden constituir un gran abanico de usos, desde viviendas unipersonales, viviendas en bloque, viviendas ecológicas y residencias estudiantiles, hasta quioscos, unidades hoteleras, oficinas, empresas de construcción basadas en el mismo principio, e incluso piscinas (40 pies tipo open top) [30]. Además de los usos arquitectónicos, los contenedores podrían utilizarse para el almacenamiento de artefactos a largo plazo [31]. En cuanto a las dimensiones de los contenedores básicos consisten en 20 y 40 pies de largo.

1.4. Energía

Se conoce como energía a la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo, por lo tanto, la energía puede manifestarse de distintas formas, dando apertura a la posibilidad de que se transformen entre sí y respetando el principio de la conservación de la energía “La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma”. La mayor parte de la energía proviene del sol, pues su calor y luz son indispensables en el desarrollo de muchas interacciones naturales [32].

1.4.1. Tipos de energía

La energía puede manifestarse de distintas formas, siendo las principales:

- Energía mecánica
- Energía térmica
- Energía química
- Energía eléctrica
- Energía nuclear

1.4.1.1. Energía mecánica

Es el producto de los movimientos que generan los cuerpos, dando lugar a la energía cinética y potencial.

1.4.1.2. Energía térmica

Es la energía de un cuerpo en relación con el calor que puede absorber o transferir.

1.4.1.3. Energía química

Es la energía que existe en los átomos de los cuerpos, la cual también puede generarse a raíz de una reacción entre dos o más productos químicos.

1.4.1.4. Energía nuclear

Es la energía propia de la materia, es decir, aquella que se encuentra contenida en el interior del núcleo de los átomos [33].

1.4.1.5. Energía eléctrica

Se trata de una energía de transporte que por lo general procede del movimiento de otro tipo, ya sea ésta térmica, mecánica, entre otras.

Para poder entender los principios de funcionamiento de la energía eléctrica es fundamental tener conocimientos básicos sobre su naturaleza. Entre los conceptos más importantes se encuentran:

1.4.1.6. Intensidad de corriente

Es la cantidad de electrones que circulan a través de un conductor en determinadas unidades de tiempo. Está representado por la unidad de medida conocida como Amperio 'A' [34].

1.4.1.7. Resistencia eléctrica

Es la oposición que presentan los cuerpos al paso de las corrientes eléctricas, es decir, que los electrones de los cuerpos rozan con los átomos del material. Sus usos más comunes son limitar la corriente, dividir el voltaje y generar calor [35].

1.4.1.8. Voltaje

Es la capacidad para ejercer un trabajo donde los electrones se mueven de un lugar a otro. Matemáticamente es la capacidad de energía utilizada para mover una carga eléctrica, cuya unidad de medida es el Voltio 'V' [35].

1.4.1.9. Potencia

Es el uso que se le proporciona a la energía, es decir, la cantidad de energía utilizada en un determinado tiempo. Es el cociente entre energía y tiempo [35].

1.4.1.10. Demanda energética

Es la carga energética requerida por una determinada fuente durante un lapso de tiempo concreto, que mide el consumo de energía, más no el valor del consumo mismo [36].

1.5. Energía solar

La energía solar es virtualmente inagotable (hasta que exista el sol, aproximadamente 7500 millones de años), llega a la tierra a través de la radiación en forma de ondas electromagnéticas. El aprovechamiento de la energía solar se logra cuando ésta es transformada en energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico, el cual es producido en materiales semiconductores. Para reemplazar las fuentes tradicionales de energía se deben considerar tres parámetros: medio ambiente, economía e independencia.

1.5.1. Radiación

Cantidad de energía que recibe la tierra por parte del sol en forma de ondas electromagnéticas. La radiación atraviesa el espacio vacío en todas las direcciones y no sufre pérdidas apreciables por interacción con medios materiales [37]. La radiación solar captada por la tierra va desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, la tierra no absorbe toda la radiación, debido a que los gases de la atmósfera captan parte de la misma. La unidad de medida de la radiación solar es $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

1.5.1.1. Radiación directa

Es la radiación que llega a la superficie de la tierra sin haber experimentado cambios de dirección [38]. Se caracteriza por proyectar una sombra de los objetos opacos que la interceptan.

1.5.1.2. Radiación difusa

Es la radiación que llega a la superficie de forma dispersa, es decir, sin una orientación determinada (días cubiertos) [38]. Esta radiación es absorbida por compuestos que existen en la atmósfera como las nubes, polvo, montañas, entre otros.

1.5.1.3. Radiación reflejada

Es la radiación que llega a la superficie de la tierra, pero debido a que existen cuerpos reflectores parte de la misma toma una nueva dirección. Las superficies verticales son las que más reflejan la radiación, mientras que las superficies horizontales no la captan. En la Figura 1.3 se pueden identificar de manera gráfica los tres tipos de radiación.



Figura 1.3 Tipos de radiación [39].

1.5.2 Irradiancia

Se la define como la densidad de flujo radiante solar. Parte de esta irradiancia solar es interceptada por el planeta Tierra. Dada la relación entre la distancia con el sol y el tamaño del planeta, es razonable asumir que su valor es constante en toda la superficie exterior de la atmósfera [37].

1.5.3. Insolación radiación extraterrestre

También llamada acumulación de energía. Es la cantidad total de energía proveniente del sol que llega en un periodo de tiempo, se puede determinar anualmente [37].

1.6. Energía solar fotovoltaica

Se la define como la electricidad obtenida directamente de la conversión de la energía solar [40]. Mediante módulos fotovoltaicos se aprovecha las propiedades de los

materiales que están hechos las celdas fotovoltaicas (semiconductores) ya que al incidir en las celdas los fotones provenientes del sol generan corriente eléctrica. En la Figura 1.4 se detalla un sistema solar fotovoltaico con sus componentes principales.

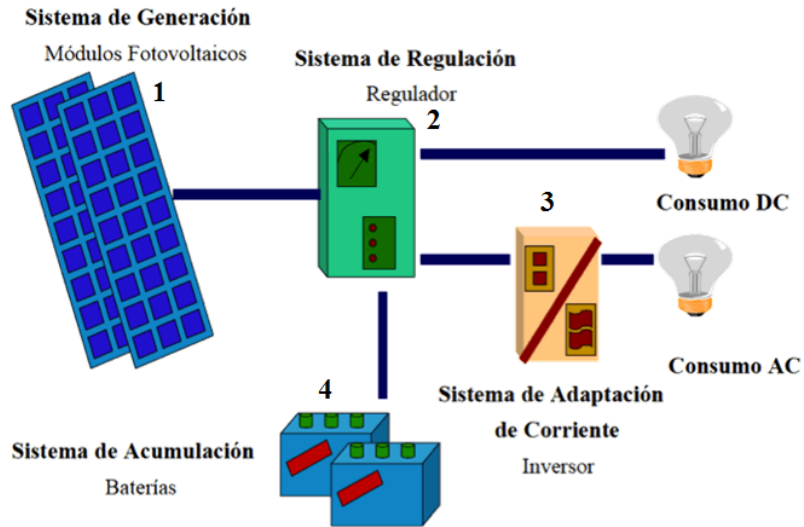


Figura 1.4 Componentes de un sistema solar fotovoltaico [41].

1.6.1. Componentes del sistema solar fotovoltaico

1. Panel fotovoltaico
2. Regulador o controlador de carga
3. Inversor
4. Baterías

1.6.2. Principio de funcionamiento

El funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos radica en el efecto fotoeléctrico, proceso que convierte la energía lumínica, que proviene del sol, en energía eléctrica. Esta forma alterna de generar electricidad renovable no es contaminante, pues además de no emitir gases nocivos, no produce ruidos molestos, y su mantenimiento es mínimo. La tecnología fotovoltaica es totalmente confiable y su instalación, ya sea, en residencias o industrias es fácil y sencilla [41].

Las energías provenientes de fuentes renovables están en auge, debido a que las fuentes tradicionales como el petróleo o el carbón están agotándose y contaminan demasiado. El desarrollo de energía fotovoltaica ha ido en aumento cuando se trata del uso de materiales, el consumo de energía para la fabricación de estos materiales, diseño de dispositivos, producción de tecnologías, así como nuevos conceptos para mejorar la eficiencia [40]. Comparada con otras fuentes de energía, la energía solar fotovoltaica presenta menos impacto ambiental en el sector donde se instalan los paneles solares, ya que se utilizan espacios físicos que no tienen uso como el desierto u océanos.

En la Tabla 1.1 se detallan las ventajas y desventajas que presenta la generación de electricidad a través de esta fuente, la principal desventaja la dependencia de tecnología avanzada.

Tabla 1.1 Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica [40].

Ventajas	Desventajas
Sistema confiable	Limitaciones en la disponibilidad de sistemas en el mercado.
Bajo costo de operación y mantenimiento	Alto coste inicial.
Bajo mantenimiento	Necesita un área relativamente grande de instalación.
Fuente de energía libre y limpia.	Alta dependencia de la tecnología desarrollada.
Alta disponibilidad.	Dependiente de condiciones geográficas.
La generación puede estar más cerca del consumidor.	
No provoca impactos ambientales.	
Amigable con el medio ambiente.	

1.7. Energía solar térmica

Es una fuente de energía que en la actualidad tiene cabida en el mercado energético. Es una opción viable para abastecer de energía a la población y a la industria. La energía solar térmica es amigable con el ambiente, pues reduce las emisiones de CO₂ y el efecto invernadero. Las aplicaciones de este tipo de energía incluyen el calentamiento de viviendas, producción de calor en multitud de procesos industriales, suministro de agua caliente para baños y cocinas. Un inconveniente importante, es la intermitencia de la radiación solar, este defecto se contrarresta colocando un sistema de almacenamiento [42].

1.8. Sistema solar fotovoltaico para producción de energía eléctrica

La energía solar fotovoltaica es una tecnología que brinda corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece [43].

1.8.1. Panel fotovoltaico

Un módulo fotovoltaico (FV) es un arreglo de celdas solares individuales conectadas eléctricamente entre sí, con el fin de sumar la potencia de salida de cada una. Las celdas solares son encapsuladas para ser protegidas del ambiente y para que los usuarios también estén protegidos de posibles accidentes eléctricos. Un conjunto de módulos conectados entre sí conforma un panel. El conjunto de varios paneles constituye un sistema fotovoltaico [44]. El panel solar fotovoltaico capta la luz que incide sobre ellos para transformarla en energía eléctrica.

1.8.1.1. Módulos policristalinos

El panel solar policristalino suministra la tensión perfecta para instalaciones de bajo consumo. Los paneles solares fabricados en silicio policristalino son los más empleados por su bajo costo de fabricación y gran eficiencia para resistir a mayores temperaturas. Este tipo de paneles poseen 25 años de vida útil [45]. Debido a que son contruidos con silicio no puro necesitan mayor espacio físico para dar la misma eficiencia que los mono-cristalinos.

1.8.1.2. Módulos mono-cristalinos

Tienen la característica de estar formados por un solo cristal de silicio puro. Las ventajas de los módulos de tipo-n incluyen: la falta de sensibilidad frente a las impurezas metálicas, una transformación más eficiente de luz infrarroja en corriente y un menor ritmo de degradación inicial. Al usar un cristal de alta transmisión este módulo resulta ser de alta eficiencia y de última generación, que ofrece un rendimiento impresionante [46]. Sin embargo, su principal desventaja es que son de menor demanda en el mercado por sus elevados costos ya que su fabricación es más controlada. Se pueden reconocer por su color uniforme.

1.8.2. Sistema de almacenamiento

Las baterías se utilizan en los sistemas de almacenamiento fotovoltaicos para acumular el excedente producido por los módulos. Este excedente será utilizado por la noche o en días con baja luz del sol o nublado [40].

1.8.2.1. Baterías ácidas

Las baterías de plomo ácido corresponden a baterías que no son susceptibles de recarga o que no son utilizables a consecuencia de rotura, corte, desgaste o cualquier otro motivo. Estas baterías contienen componentes potencialmente contaminantes, por lo

que es necesario establecer medidas para su manejo adecuado una vez que termine su vida útil [47].

1.8.2.2. Baterías de gel

Las baterías de gel tienen un funcionamiento cíclico de alta calidad, lo que las convierte en ideales para instalaciones de tamaño medio y grande que estén previstas para funcionar durante largos períodos de tiempo o donde el mantenimiento sea muy complicado de realizar [40].

1.8.2.3. Baterías de níquel

Gracias a su extraordinaria fiabilidad, su insuperable esperanza de vida y su bajo costo energético, este tipo de baterías constituyen una excelente opción para diferentes aplicaciones, especialmente en instalaciones fotovoltaicas, eólicas, eólico-solares, sobre todo en las llamadas “instalaciones aisladas”. Se puede renovar el electrolito duplicando y hasta triplicando su esperanza de vida [40]. Estas baterías pueden trabajar en rangos de temperatura muy variados, lo que las hace ideales para ser usadas en cualquier clima.

1.8.3. Regulador o controlador de carga

Un regulador de carga es un equipo electrónico capaz de evitar la sobrecarga y la descarga excesiva de un acumulador cuando éste haya alcanzado determinados umbrales [37].

Para evitar daños en la batería el sistema electrónico del inversor debe estar diseñado para desconectar al generador (paneles solares) cuando la tensión en la batería llegue a su límite de voltaje, si llega a un valor mínimo de tensión el regulador debe comunicarse con su sistema para que empiece a cargar nuevamente con el fin de abastecer la demanda requerida por el usuario.

1.8.4. Inversor

El inversor es el encargado de transformar la corriente continua, producida por los paneles fotovoltaicos a alterna para su consumo. Se debe garantizar un funcionamiento automático y un seguimiento del punto de máxima potencia, y también evitar el funcionamiento en isla, actuando como controlador permanente de aislamiento para la conexión–desconexión automática de la instalación [43].

1.9. Sistemas solares termodinámicos para producción de agua caliente sanitaria

Cuando se opta por estos sistemas para uso doméstico se colocan captadores solares en un espacio vacío, generalmente en la terraza o tejado, cuya función es absorber la radiación que incide en ellos, y un tanque reservorio para que cuando la demanda sea alta se pueda cubrir lo requerido en ese momento.

En general, los 2/3 del gasto de energía de una vivienda provienen del agua caliente y calefacción [48], afortunadamente los equipos solares propuestos son las soluciones más eficientes, ofreciendo un alto potencial de ahorro económico.

1.10. Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos

La principal aplicación de la energía solar fotovoltaica se encuentra en el campo espacial, ya que se usa para obtener energía eléctrica para los sistemas que llevan integrados los satélites o naves espaciales. Es por ello, que la aplicación de este tipo de energía en otros ámbitos debe estimarse correctamente, en este caso con la finalidad de abastecer las necesidades que presenta el proyecto.

Cuando las condiciones climáticas no sean óptimas para los paneles fotovoltaicos y se requiera la demanda completa de energía, se debe optar por una fuente alterna de energía como es la energía eléctrica tomada desde el sistema interconectado nacional.

En la Tabla 1.2 se detallan los principales campos de aplicación de esta fuente de energía.

Tabla 1.2 Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica [40].

Aplicaciones	Descripción
Astronaves y satélites [49]	La energía fotovoltaica se convierte en energía eléctrica para ser aplicada en equipos de a bordo de la nave espacial. Para esto se usa células de arseniuro de galio que, a pesar de tener un coste elevado en comparación con las células de silicio, muestra una buena eficiencia.
Bombeo de agua [50]	Bombeo de agua de pozos y ríos utilizados en granjas para riego de plantaciones, para ganado y para uso doméstico
Iluminación de la calle [51]	Se utiliza para iluminar espacios de estacionamiento, señalización y otras áreas al aire libre. Los paneles fotovoltaicos suelen montarse en la estructura de iluminación o integrado en el propio poste y llevar una batería recargable. Para la instalación no hay necesidad de abrir zanjas, cableado y preparaciones similares a sistemas de iluminación tradicionales.
Construcción de sistemas fotovoltaicos integrados (BIPV) [40]	Es un conjunto de sistemas y tecnologías fotovoltaicas que se integran en el edificio, formando parte de su cubierta exterior como techos y fachadas. Se consideran como una parte funcional de la estructura del edificio, arquitectónicamente integrado en el diseño del edificio. Simultáneamente, sirven como material de envolvente de edificios y generador de energía.
Telecomunicaciones [52]	Se utiliza en la generación de electricidad en estaciones de telecomunicaciones aisladas para el funcionamiento de equipos de radio de comunicación, dispositivos de comunicación por radio, estaciones de telemetría, teléfonos, PLCs y cámaras de video. Proporciona fiabilidad y bajo nivel de mantenimiento.
Desalinización del agua [40]	La desalación (transformación del agua de mar en agua potable) se realiza con baterías cargadas durante el día con paneles fotovoltaicos.
Monitoreo del tiempo [40]	El panel solar proporciona la energía necesaria para alimentar todos los equipos de medición, sensores meteorológicos, procesamiento y comunicación.

1.11. Bombas de calor

Se la puede definir como una bomba accionada mediante un ciclo termodinámico, cuya fuente caliente está alimentada por energía solar. Su principio de funcionamiento es extraer un flujo calorífico de una fuente de calor a baja temperatura (foco frío) y que, consumiendo energía noble, la restituye a temperatura más elevada (foco caliente) [53].

Cuando se desea alimentar a esta bomba mediante energía solar se puede estimar que se realiza un ahorro económico, ya que se obtiene un sistema de agua caliente energéticamente sustentable.

1.11.1. Bomba de calor asistida por energía solar

Una bomba de calor asistida por energía solar (BCAES) es la tecnología que coordina un sistema convencional de calentamiento solar y una bomba de calor con la intención de aumentar el rendimiento térmico. Tanto el colector solar como la bomba de calor son unidades separadas unidas por un intercambiador de calor. El refrigerante se evapora gracias a la radiación solar que ingresa al intercambiador de calor, lo que resulta en una alta temperatura del evaporador y por ende un alto rendimiento en la funcionalidad del sistema (COP).

En cuanto a la bomba de calor de expansión directa con asistencia de energía solar (BCAES-ED), es una tecnología con gran potencial, que consiste en integrar el colector solar y el evaporador en un mismo dispositivo; sin embargo, este sistema aún no ha logrado desarrollarse en el campo comercial. El refrigerante se expande en un panel colector/evaporador por donde pasa a una fase de transición de líquido a vapor debido a la ganancia de energía solar [54]. En la Figura 1.5 se detalla los componentes de una bomba de calor asistida por energía solar.

El ciclo de Carnot inverso es un ciclo ideal que sirve como modelo para comparar el ciclo real de compresión de vapor, el ciclo para una boba de expansión directa infiere del Carnot invertido debido a dos irreversibilidades (fricción del fluido y transferencia de calor desde la bomba de calor o hacia el ambiente) [55].

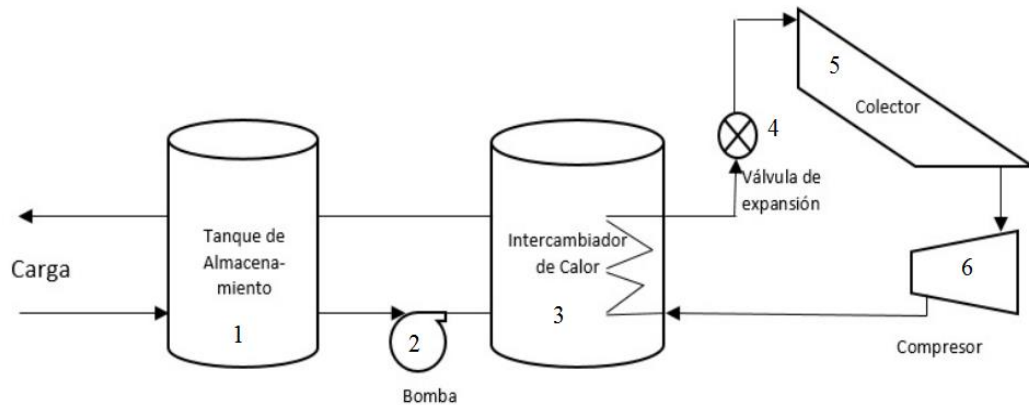


Figura 1.5 Bomba de calor de expansión directa asistida por energía solar [54].

1.11.1.1. Componentes de una bomba de calor asistida por energía solar

1. Tanque de almacenamiento
2. Bomba
3. Intercambiador de calor
4. Válvula de expansión
5. Colector
6. Compresor

1.12. Panel termodinámico

El avance tecnológico ha permitido que evolucione la forma de captar energía proveniente del sol, llegando al nivel de los paneles solares termodinámicos. El refrigerante que se usa posee una temperatura de evaporación muy baja, lo que ayuda a que se evapore a temperatura ambiente, lo cual garantiza que el equipo va a funcionar en condiciones climáticas en las que un panel solar térmico o panel solar fotovoltaico no lo haría. Comúnmente, son usados para el calentamiento de agua sanitaria fuera de la zona urbana, calefacción y climatización en centros recreativos.

La energía solar termodinámica es un novedoso sistema que aprovecha la diferencia entre la temperatura del líquido que hay en los paneles termodinámicos y la temperatura ambiente. Los paneles solares termodinámicos llevan un líquido refrigerante a una temperatura muy baja que produce un intercambio de calor con la temperatura ambiente, siempre y cuando no sea más baja que la del líquido refrigerante, por lo que se puede estar produciendo energía tanto en la noche como en condiciones climatológicas adversas: lluvia, viento, entre otros [56], en la Figura 1.6 se puede observar la geometría del panel termodinámico.



Figura 1.6 Panel termodinámico.

1.13. Refrigerantes

La selección correcta del refrigerante se debe realizar en función de la contaminación que se genera al aplicar un refrigerante en los dispositivos que se requieren. Los hidrocarburos que se pueden utilizar como refrigerantes, más conocidos como refrigerantes ecológicos, se caracterizan por contribuir de manera importante no sólo a la preservación ambiental, sino también a la reducción del consumo de energía y a la seguridad [57].

La principal desventaja de aplicar este tipo de refrigerantes es que su proceso de elaboración es mucho más costoso, por lo que el producto final tiende a aumentar su valor. La mayoría de los refrigerantes utilizados en la industria pertenecen al grupo de los clorofluorocarbonos (CFCs) o los hidrofluorocarbonos (HCFCs). Estos refrigerantes poseen en su estructura partículas de cloro, el cual es liberado cuando entran en contacto con la radiación. Este elemento químico puede formar compuestos con el ozono, evitando que se destruya esta capa que es de vital importancia para la vida. En la Figura 1.7 se puede apreciar que se ha tratado de reemplazar los refrigerantes que afectan a la capa de ozono por refrigerantes ecológicos. Esto ha provocado que ciertos refrigerantes salgan del mercado, volviéndose así cada vez más difícil seleccionar un refrigerante que cumpla con las expectativas requeridas.

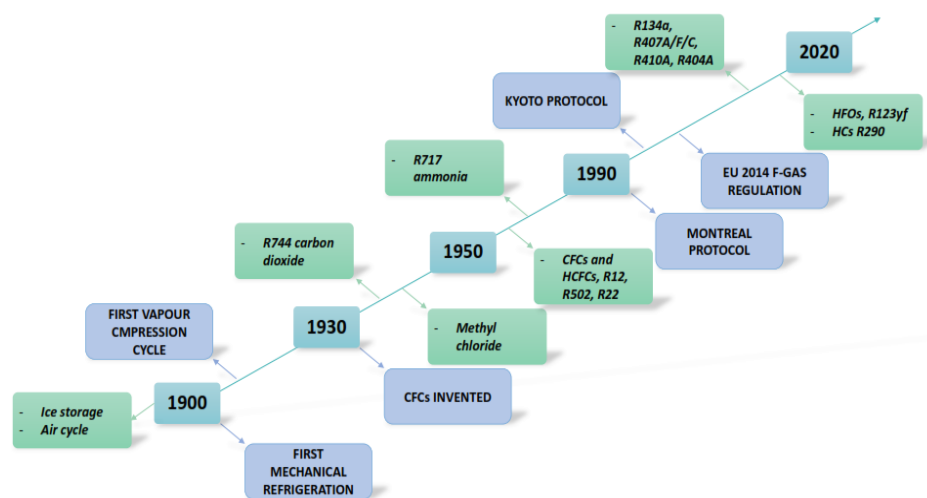


Figura 1.7 Evolución en los usos de refrigerantes [57].

Entre los refrigerantes ecológicos que se deben usar están [58, 59]:

- ✓ Amoníaco (R-717)
- ✓ R-404A
- ✓ R-407A
- ✓ R-410 A
- ✓ R-134A
- ✓ Ecofreeze 12
- ✓ R-600A (Isobutano)
- ✓ HFO 1234YF
- ✓ Propano (R-290)

1.14. TRNSYS

Es un entorno de software basado en gráficos que se utiliza para simular el comportamiento de los sistemas transitorios. Si bien la gran mayoría de las simulaciones se centran en evaluar el rendimiento de los sistemas de energía térmica y eléctrica, TRNSYS también puede utilizarse para modelar otros sistemas dinámicos como el flujo de tráfico o procesos biológicos [60]. El software posee una biblioteca con aproximadamente 150 modelos.

1.15. Selección de alternativas

Se realiza un análisis de diferentes alternativas que pueden ser consideradas para el proyecto de investigación, valorando cada una de ellas sus características más importantes para llegar a seleccionar la mejor. Se considera como base un método cuantitativo, el mismo que se basa en una escala numérica que permita la valoración de los diferentes aspectos a considerar en cada una de las alternativas. Se utilizará una escala del 1 al 5 propuesta por Garza et al. [61], donde 5 será la mejor opción disponible y 1 será la menos adecuada para cada tipo de factor a evaluar:

- ✓ 1 = Malo
- ✓ 2 = Regular
- ✓ 3 = Bueno
- ✓ 4 = Muy bueno
- ✓ 5 = Excelente

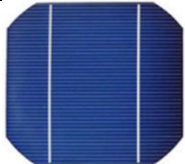
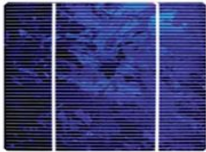
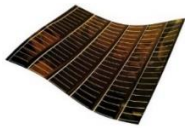
1.15.1. Parámetros por considerar en la selección de paneles solares fotovoltaicos

- ✓ **Eficiencia:** Es la cantidad de energía que el panel solar es capaz de irradiar este valor obtenido puede variar según las condiciones climáticas que se presente en un día, por ello se recomienda seleccionar el panel solar que mayor tolerancia en la temperatura de trabajo con el mayor rendimiento posible.

- ✓ **Costo:** Los costos iniciales de implementar los sistemas fotovoltaicos en una vivienda son muy elevados por lo cual es indispensable analizar la inversión que se realizará.
- ✓ **Vida útil:** Para el proyecto de investigación se requiere que los paneles solares sean duraderos para poder recuperar la inversión inicial y obtener energía gratuita.
- ✓ **Tamaño del equipo:** Su importancia radica en que se debe elegir un panel solar que pueda ser ubicado en el espacio físico que se dispone.
- ✓ **Voltaje nominal:** Con este dato se selecciona los demás componentes como son las baterías, inversor, regulador de voltaje.

En la Figura 1.3 se evalúa las características de las diferentes alternativas propuestas.

Tabla 1.3 Alternativas de solución en paneles solares fotovoltaicos

Alternativa	Gráfico	Eficiencia [62]	Costo (USD/W)	Vida útil (años)	Tamaño del equipo m ² /kW [62]	Voltaje nominal V
Mono cristalino [63]		18 %	0.50-0.8	25-30	7-9	30
Poli cristalino [64]		14 %	0.4-0.5	23-27	8-11	30
Capa fina [65]		21 %	1.1-1.4	10 - 14	11-13	32

Posterior a ser analizados los resultados cuantitativos de las diferentes alternativas presentadas para el panel solar fotovoltaico se establece que el panel solar fotovoltaico poli-cristalino es el idóneo para la aplicación, siendo la alternativa que mayor puntuación alcanzó del valor total como se muestra en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4 Análisis cuantitativo de las alternativas en paneles solares fotovoltaicos

Alternativas	Necesidades					Valor global	Valor porcentual
	Eficiencia	Costo	Vida útil	Tamaño del equipo	Voltaje nominal		
Panel mono cristalino	4	3	3	5	4	19/25	76 %
Panel poli cristalino	4	5	4	4	4	21/25	84 %
Panel de capa fina	4	3	3	4	4	18/25	72 %

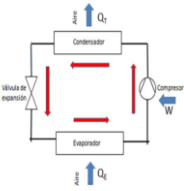
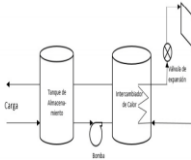
1.15.2. Parámetros analizados en la selección de alternativas en bombas de calor

- ✓ **Consumo energético:** Es el gasto total de energía que requiere la bomba de calor para realizar el proceso de modificar la temperatura del agua, esta energía representa una cantidad monetaria por cada kW·h es por ello que es necesario el análisis energético en la bomba de calor a implementar.
- ✓ **Costo inicial:** Los costos iniciales de implementar un sistema de agua caliente en una vivienda son muy elevados por lo cual es indispensable analizar la inversión que se realizará.
- ✓ **Mantenimiento:** Ayuda a que el equipo trabaje en óptimas condiciones, lo recomendable es realizar un mantenimiento predictivo para evitar que el equipo sufra daños y tenga que dejar de funcionar por un periodo de tiempo.

Se debe estimar costos de mantenimiento, facilidad de obtener repuestos para evitar contratiempos en el futuro.

- ✓ **Rendimiento:** Es un parámetro importante para la correcta selección de la bomba de calor ya que se espera obtener los mismos resultados empleando menos trabajo. El rendimiento dependerá de los niveles que se pueda aprovechar para el sistema planteado.
- ✓ **Tipo de refrigerante:** En la actualidad, la contaminación que genera un determinado equipo es uno de los factores más importantes que se debe considerar al diseñar el nuevo equipo, es por ello que la bomba de calor debe tener un refrigerante que sea amigable con el ambiente y produzca la menor contaminación posible con los mismos resultados que un refrigerante muy contaminante.

Tabla 1.5 Alternativas de solución en bombas de calor

Alternativa	Gráfico	Consumo energético (W)	Costo inicial (USD)	Mantenimiento	Rendimiento [66]	Tipo de refrigerante
Bomba de calor asistida por energía eléctrica [67]		550	750.00	Fácil	2-3	R134A
Bomba de calor asistida por energía solar [54]		480	700.00	Fácil	2.5-4	R410A

A diferencia de los calentadores solares la bomba de calor puede trabajar inclusive cuando existe poca o nula radiación solar lo que permite obtener agua caliente en cualquier hora del día.

En la selección de la bomba de calor se optó por la bomba de calor asistida por energía solar, siendo la mejor opción y obteniendo la mejor calificación como se puede observar en la Tabla 1.6.

Tabla 1.6 Análisis cuantitativo de las alternativas en bombas de calor

Alternativas	Necesidades					Valor global	Valor porcentual
	Consumo energético	Costo inicial	Mantenimiento	Rendimiento	Tipo de refrigerante		
Bomba de calor asistida por energía eléctrica	4	3	5	4	4	20/25	80 %
Bomba de calor asistida por energía solar	4	4	5	5	4	22/25	88 %

1.15.3. Parámetros a considerar en la selección de alternativas en tipo de vivienda

- ✓ **Seguridad:** La seguridad de la vivienda es un tema muy importante ya que la mayoría de tiempo no es habitada por algún miembro de la familia. Las cerraduras y sistemas de seguridad implementados deben cumplir con las expectativas requeridas.
- ✓ **Costo inicial:** Los costos de construir una vivienda son muy elevados en ocasiones inaccesibles para la clase media baja, por esta razón se debe buscar nuevas opciones para obtener un hogar ya que es indispensable para el ser humano tener donde vivir.
- ✓ **Mantenimiento:** Es indispensable mantener las instalaciones de la vivienda en buen estado para evitar accidentes en el futuro, se debe analizar

que no exista grietas en las paredes, verificar el sistema eléctrico, el estado de las tuberías, observar la calidad del techo, entre otros.

- ✓ **Impacto ambiental:** Para construir una vivienda se debe adecuar el área suficiente para colocar los cimientos donde se levanta las plantas de la vivienda ocasionando un impacto a la naturaleza del sector, otro parámetro que genera contaminación ambiental es el proceso de obtención de los materiales con los que se fabrican las viviendas.
- ✓ **Facilidad de traslado:** Es muy común que por motivos laborales o personales las personas tengan que cambiar su lugar de residencia, en ocasiones, se deben trasladar a sitios donde no existe ningún tipo de servicio básico.

En la Tabla 1.7 se evalúa las características de los tipos de vivienda propuestas.

Tabla 1.7 Alternativas de solución en el tipo de vivienda

Alternativa	Seguridad	Costo inicial (USD)	Mantenimiento	Impacto ambiental	Facilidad de traslado
Contenedor marítimo	Alto	1284.85	Fácil	Bajo	Fácil
Vivienda de ladrillo	Alto	10000.00	Fácil	Medio	Imposible
Vivienda de bloque	Alto	9000.00	Fácil	Medio	Imposible

Una ventaja adicional de los contenedores marítimos es que no son afectados por movimientos telúricos, los cuales afectan con facilidad a viviendas de otro tipo. También en caso de posibles inundaciones estos pueden ser reubicados en lugares más adecuados.

En la Tabla 1.8 se muestra que el contenedor marítimo fue el mejor puntuado en el análisis cuantitativo, es la mejor opción y amigable con el medio ambiente ya que es un producto reciclado.

Tabla 1.8 Análisis cuantitativo de las alternativas del tipo de vivienda

Alternativas	Necesidades					Valor global	Valor porcentual
	Seguridad	Costo inicial	Mantenimiento	Impacto ambiental	Facilidad de traslado		
Contenedor marítimo	4	5	5	5	5	24/25	96 %
Vivienda de ladrillo	4	2	5	3	1	15/25	60 %
Vivienda de bloque	4	3	5	3	1	16/25	64 %

A través de la investigación de varios proyectos, estudios y experimentos realizados mundialmente sobre la reutilización de contenedores de transporte, impactos ambientales causados por las fuentes de energía renovables, varios beneficios energéticos que brindan los sistemas fotovoltaicos, el aumento en las inversiones y el incremento de la demanda de las fuentes de energía limpias, entre otros. Se obtuvo información elemental que apoya la realización y viabilidad de este trabajo, pues los datos encontrados respaldan que la construcción de una residencia temporal y agradable con el medio ambiente es una forma alterna de cuidar el entorno, a la vez, que cubre los requerimientos de la demanda energética. Por otro lado, el desarrollo de este proyecto también se sustenta en el hecho de que en los últimos años el sector de la construcción se ha propuesto nuevos objetivos como, por ejemplo, lograr una construcción rápida y económica, además de utilizar sistemas de energía renovable como parte de la edificación.

CAPÍTULO 2

DIMENSIONAMIENTO FOTOVOLTAICO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA

En este capítulo se procede a dimensionar los equipos y elementos que componen el sistema a ser instalado. Para esto es necesario investigar y sustentar mediante modelos matemáticos la dimensión de todo el conjunto. El dimensionamiento, selección de parámetros y equipos adecuados, influirán directamente en el correcto funcionamiento de todo el sistema.

2.1. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico será el equipo que proveerá la energía necesaria para abastecer el consumo de los artefactos eléctricos que serán instalados.

En la Sección 1.6. se describe de forma más detallada los componentes de un sistema fotovoltaico, los elementos a dimensionar son: número de paneles solares, número de baterías, inversor y controlador de carga.

Según Leonics [68] para realizar un cálculo adecuado del sistema fotovoltaico se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- a. Irradiancia
- b. Horas de pico solar (HPS)
- c. Días de autonomía
- d. Consumo eléctrico

Para proceder con los cálculos se consideran las características de los equipos que por cuestión de costos serán adquiridos en el exterior, específicamente en Guangdong, China a la empresa Felicitysolar la cual proporciona los datos técnicos de todos sus productos. Los mismos se describen a continuación [69].

2.1.1. Características de elementos que conforman el sistema fotovoltaico

Para una mejor comprensión del lector se muestran las características de cada uno de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico desde la Tabla 2.1 hasta la Tabla 2.4. Además, se presentan ilustraciones de cada componente desde la Figura 2.1 hasta la F Figura 2.4.

Tabla 2. 1 Características de los paneles solares

Paneles solares	
Modelo	FL-P-150 W
Material	Silicón policristalino
Dimensiones	1480x680x35 mm
Potencia máxima	150 W
Current Max power	8.33 A
Voltaje máximo	18 V
Corriente en corto circuito	8.83 A
Voltaje con circuito abierto (Voc)	21.6 V



Figura 2. 1 Panel solar fotovoltaico [69].

Tabla 2. 2 Características de la batería

Batería	
Modelo	FL-G-200AH 12 V
Voltaje	12 V
Tipo de mantenimiento	Libre
Dimensiones	219x552x240 mm
Peso	61.5 kg
Capacidad nominal	200 A·h
Tipo de batería	Gel
Máxima corriente descarga	300 A 5s
Máxima corriente de carga	30 A
Rango de temperatura de carga	0-50 °C

**Figura 2. 2** Batería [69].**Tabla 2. 3** Características del inversor

Inversor	
Modelo	FL-IVP1512-1500 V·A
Potencia de salida	>1000 W
Dimensiones	580x330x310 mm
Peso	17.7 kg
Voltaje de entrada	12 V
Voltaje de salida	220 V
Tipo	Inversor DC/AC
Frecuencia de salida	50/60 Hz
Corriente de salida	0-7 A
Eficiencia	>95 %
Potencia de carga	1200 W
LCD display	Control en general

**Figura 2. 3** Inversor [69]

Tabla 2. 4 Características del controlador de carga

Controlador de carga	
Modelo	FL-CSP3024
Rango de voltaje	12 V/48 V
Corriente máxima	50 A
Max. PV voltaje	48 V
Dimensiones	140x90x30 mm
Peso	0.5 kg
Base	PWM
Voltaje máximo en la batería	32 V



Figura 2. 4 Controlador de carga [69].

2.1.2. Irradiancia de la ciudad de Tulcán

La irradiancia I se describe en la Sección 1.5.2 del presente trabajo, para fines de cálculo se toma en cuenta el valor de radiación más bajo de todo el año por ser el más crítico.

Tabla 2. 5 Irradiancia en la ciudad de Tulcán [70]

Mes	Software (Meteonorm 7) $\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$
Enero	5.20
Febrero	4.48
Marzo	5.70
Abril	4.90
Mayo	5.27
Junio	4.47
Julio	5.87
Agosto	5.97
Septiembre	5.37
Octubre	5.83
Noviembre	4.77
Diciembre	4.60
PROMEDIO	5.17

El mes más crítico es junio con una irradiancia de $4.47 \text{ kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ el cual está dentro del rango del promedio diario multianual determinado por el NAMHI [71].

2.1.3. Horas de pico solar (HPS)

Las HPS son las horas de luz solar por día, y su valor numérico es igual al de la irradiancia expresado en horas [72]. Para la ciudad de Tulcán se tiene:

$$HPS = 4.47 (h)$$

2.1.4. Días de autonomía

Según Pareja [73] los días de autonomía son un factor que el diseñador debe dimensionar, los cuales pueden ir de 1 a 10 dependiendo de las condiciones climáticas del sector y de la importancia de la aplicación.

Debido a que el sector no presenta condiciones extremas ni desfavorables se determina que los días de autonomía sean tres.

$$D_{aut} = 3 \text{ días}$$

2.1.5. Cálculo consumo eléctrico

El consumo eléctrico (CE) también conocido como demanda eléctrica, es una medida de cuanta energía es necesaria para el funcionamiento de equipos eléctricos en determinado rango de tiempo.

El consumo eléctrico se mide en kilowatt hora (kW·h,) y es el valor más importante que se debe conocer previo al diseño de un sistema fotovoltaico. El modelo matemático usado para obtener este valor se describe en la Ecuación 1 [74, 75]. El consumo total del sistema es igual al sumatorio del consumo individual de los equipos que conforman el mismo, y se expresa en la Ecuación (2).

$$\text{Consumo diario} = \frac{\text{Potencia del equipo por horas de uso por día}}{1000} (kW \cdot h^{-1}) \quad (1)$$

$$Consumo_{Total} = \sum_{i=1}^n Consumo_i \quad (2)$$

La potencia de los equipos eléctricos en general se describe en sus respectivas placas de identificación o en sus empaques en caso de equipos nuevos. El número de horas de uso por día debe ser medido o consultado en tablas, también se debe tomar en cuenta la potencia que se consume cuando estos están apagados [76]. Para efectos de diseño, previo a la construcción e implementación del proyecto, se desarrolla la Tabla 2.6. Para realizar los cálculos del consumo total de cada equipo es necesario desarrollar la Ecuación (3).

$$CE = a \{ (b \cdot d) + [(24 - d) (c)] \} \quad (3)$$

Donde: a es el número de equipos, b es la potencia del equipo encendido, c es la potencia del equipo apagado y d son las horas de uso por día. El valor de 24 equivale a las horas de un día al cual se resta las horas de uso del equipo.

Tabla 2. 6 Consumo diario de los equipos a instalar

Número y descripción del equipo	Potencia equipo encendido (W) [74]	Potencia equipo apagado (W) [74]	Horas de uso por día (h)	Consumo total por equipo W·h·día ⁻¹
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
3 Lámparas led	36	0	7	756
1 Foco ahorrador	45	1.15	7	334.55
3 Focos led en baños	10	0	2	60
1 Otros y tomacorriente en baños	75	2	3	267
Consumo Total				1417.55

Por razones de cálculo se estima que el valor de consumo diario es igual a $1.42 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{día}^{-1}$, el mismo es conocido como potencia máxima. P_{max} .

Cabrera et al. [72] y la empresa Leonics Company Limited [68] multiplican la potencia calculada por factores de seguridad como 1.2 o 1.3, pero en el cálculo previo se sobredimensionó los tiempos y se agregó las pérdidas en el ítem denominado otros, por lo que ya no es necesario agregar un nuevo factor de seguridad.

2.1.6. Cálculo del número de paneles

El primer paso es calcular el factor de generación del panel PGF [77], el mismo se determina multiplicando la hora solar pico HSP por 0.62. Esto es usado como factor de seguridad, en caso de que por mal clima el número de hora solar pico sea menor.

$$PGF = 0.62 (HSP) \quad (4)$$

$$PGF = 0.62 (4.47)$$

$$PGF = 2.77$$

Para obtener el número de paneles necesarios para el sistema, se divide la potencia máxima P_{\max} por el factor de generación del panel PGF y por la potencia del panel W_p [68].

$$N_{\text{Paneles}} = \frac{P_{\max}}{PGF (W_p)} \quad (5)$$

$$N_{\text{Paneles}} = \frac{1417}{2.77(150)}$$

$$N_{\text{Paneles}} = 3.41 \text{ Paneles}$$

$$N_{\text{Real de paneles}} = 4 \text{ Paneles}$$

El número calculado de paneles debe ser aproximado al inmediato superior, esto para dar otro factor de seguridad adicional.

2.1.7. Cálculo del inversor

Para calcular la dimensión del inversor es necesario realizar la sumatoria de la potencia de los artefactos eléctricos que serán utilizados y multiplicar el resultado por 1.3 para tener un 30 % como factor de seguridad. Se toma los valores de la potencia de encendido de la Tabla 2.6.

$$\text{Tamaño del inversor} = 1.3 \sum_{i=1}^n P_i \quad (6)$$

$$\text{Tamaño del inversor} = 1.3(108 + 45 + 30 + 75)$$

$$\text{Tamaño del inversor} = 1.3(258)$$

$$\text{Tamaño del inversor} = 335.4 \text{ W}$$

En la instalación se implementará un inversor de con una potencia de salida mayor a 1000 W como el descrito en la Figura 2.3, con el objetivo de abastecer una sobre demanda.

2.1.8. Dimensionamiento de la batería

En el campo industrial el uso de baterías para el almacenamiento de energía es muy común, pero generan problemas ambientales por la contaminación de metales pesados (plomo, estaño, manganato de litio, entre otros). Entre los principales impactos ambientales que causan la utilización de las baterías se presenta las siguientes: cambio climático, acidificación terrestre, agotamiento de ozono, toxicidad humana, agotamiento de agua y agotamiento de metales [78].

Para dimensionar las baterías se debe tomar en cuenta que no todos los equipos estarán encendidos al mismo tiempo, por lo que queda a criterio del diseñador establecer el consumo máximo del sistema a determinada hora del día. En este caso se establece el valor de 258 W·h. Además, se considera los factores de diseño descritos a continuación.

Y_1 Pérdidas de la batería = 0.85

Y_2 Descarga profunda = 0.6

Y_3 Voltaje nominal de la batería = 12 V

Y_4 Consumo máximo = 258 W·h

Y_5 D_{aut} = 3 días

$$\text{Capacidad de batería} = \frac{(Y_4)(Y_5)}{(Y_1)(Y_2)(Y_3)} \text{ A}\cdot\text{h} \quad (7)$$

$$\text{Capacidad de batería} = \frac{(258) (3)}{(0.85) (0.6) (12)} \text{ A}\cdot\text{h}$$

$$\text{Capacidad de batería} = 126.47 \text{ A}\cdot\text{h}$$

Después de analizar el resultado obtenido de la capacidad de la batería se concluye que el equipo adecuado es el descrito en la Figura 2.2. que tiene una capacidad de 200 A·h.

2.1.9. Dimensionamiento del controlador de carga

Para evitar daños en el inversor se utiliza un controlador de carga para que la carga de entrada al inversor sea constante, este equipo es necesario ya que la corriente que proviene de los paneles es desigual en el transcurso del día.

Controlador de carga = Corriente en corto circuito por factor de seguridad por número de paneles.

Corriente en corto circuito = 8.33 A

Factor de seguridad = 1.3

Número de paneles = 4

Controlador de carga = (8.33) (1.3) (4)

Controlador de carga = 43.32 A

Después de obtener dimensiones adecuadas para cada elemento del sistema fotovoltaico, se debe tomar muy en cuenta:

- Voltaje de entrada del inversor
- Intensidad de entrada en el controlador de carga
- Número de paneles fotovoltaicos
- Voltaje e intensidad de salida de cada panel

Para determinar una conexión adecuada, es necesario recordar que en paralelo los voltajes se mantienen y en serie se suman, por otra parte, las intensidades en serie se suman y en paralelo se mantienen. Para este caso la conexión más adecuada es la descrita en la Figura 2.5.

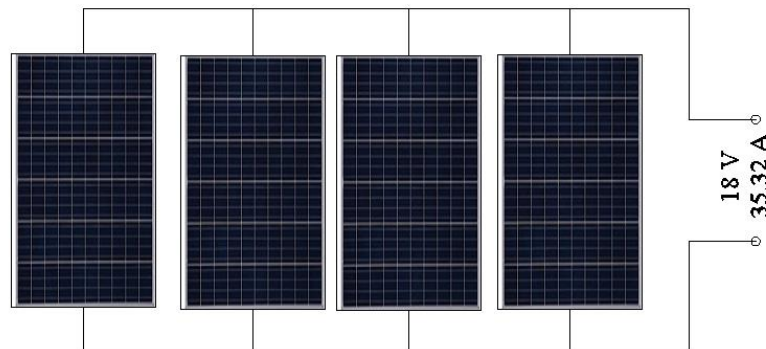


Figura 2. 5 Conexión de los paneles solares [79].

El cálculo de todos los elementos se basa en las ecuaciones descritas por Leonics [68]. El valor calculado en la Tabla 2.7 se compara con la demanda que el equipo es capaz de soportar.

Tabla 2. 7 Demanda eléctrica requerida

Demanda requerida por el sistema eléctrico	Demanda que el equipo puede soportar	Coefficiente de seguridad
1.46 kW·h ⁻¹	2.88 kW·h ⁻¹	50 %

El equipo a instalar tiene una sobre dimensión del 50 %, esto respeta los valores de coeficiente de seguridad que debe ser aplicado según Pareja [73], tomando en cuenta que en caso de un fallo en el sistema interconectado de energía eléctrica, el sistema fotovoltaico debe ser capaz de alimentar los equipos que están en el interior del camper (pantallas, iluminación, sistemas de seguridad y alarma).

2.2. Cálculos de la bomba de calor asistida por energía solar

La energía solar se puede utilizar para calentar el refrigerante en el evaporador de una bomba de calor, mediante el empleo de un colector solar como el evaporador. La bomba de calor asistida por energía solar diseñado para producir ACS utiliza como fluido de trabajo refrigerante R410A. En la Figura 1.5 se observa los componentes de la bomba de calor a implementarse.

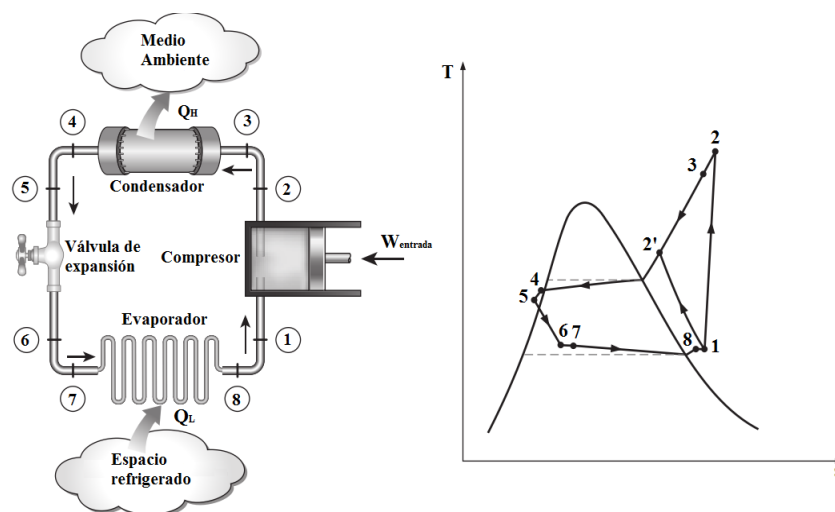


Figura 2. 6 Diagrama T-s del ciclo real de compresión de vapor [55].

En la Figura 2.6 se muestra el diagrama temperatura- entropía (T-s) implementado en la bomba de calor de este trabajo de investigación. Para evitar deterioros en el compresor se sobrecalienta el refrigerante, garantizando que todo el refrigerante se encuentre evaporado en la entrada al compresor.

El diagrama presión vs entalpía (P-h) es necesario para el análisis termodinámico de la bomba de calor el mismo que se puede observar en la Figura 2.7. En la válvula de estrangulamiento (3-4) el proceso que lleva a cabo es isoentálpico.

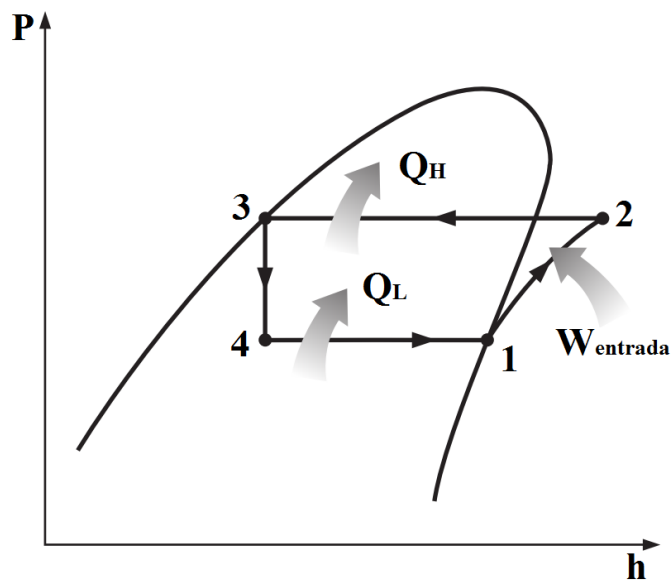


Figura 2. 7 Diagrama P-h del ciclo de compresión de vapor [55].

2.2.1. Colector solar / evaporador

El sistema implementado cuenta con un colector solar de aluminio de área (A_{coll}) 1.6 m^2 y un evaporador para la circulación del refrigerante R410A. La energía neta que es absorbida por el fluido de trabajo que circula a través del colector / evaporador es igual a la radiación solar incidente menos la pérdida de calor del colector / evaporador. Para empezar con el análisis se debe considerar que la caída de presión es insignificante en el colector / evaporador, el condensador y las tuberías [80].

La ganancia de calor del refrigerante en el colector / evaporador viene dada por la siguiente relación [81, 82, 80, 10]:

$$\dot{Q}_r = \dot{m}_r (h_{r,0} - h_{r,i}) \quad (8)$$

Donde:

\dot{Q}_r : Tasa de ganancia de calor del refrigerante en el colector solar / evaporador.

\dot{m}_r : Caudal másico del refrigerante.

$h_{r,0}$: Entalpía del refrigerante en la salida del colector solar.

$h_{r,i}$: Entalpía del refrigerante en la entrada del colector solar.

La ganancia de calor útil del colector / evaporador solar para los colectores solares sin vidriar, es decir, cuando no se utiliza acristalamiento se puede evaluar empleando la ecuación [83, 84]:

$$\dot{Q}_{col} = A_{col} [\alpha G_T + \varepsilon G_L - U_L (T_i - T_a)] \quad (9)$$

Donde: \dot{Q}_{col} es la tasa de ganancia de calor útil del colector solar / evaporador, A_{col} se define como el área del colector solar / evaporador, T_a es la temperatura ambiente a la que se encuentra el aire, U_L es el coeficiente de pérdida de calor total en el colector solar y T_i es la temperatura a la entrada del colector, α es la absorptividad del colector solar, ε es la emisividad de la placa colectora, G_T es la intensidad de radiación y G_L es intercambio de radiación entre la placa colectora y el cielo. Para poder determinar el coeficiente de pérdida de calor total en el colector solar se utiliza la siguiente ecuación [83, 84]:

$$U_L = h_c + h_r \quad (10)$$

Donde: h_r es el coeficiente de transferencia de calor por radiación, h_c es el coeficiente de transferencia de calor por convección.

Para Mohamed et al. [82] y Paradeshi et al. [85] el coeficiente de transferencia de calor por convección viene definido por:

$$h_c = 2.8 + 3v \quad (11)$$

Donde: v es la velocidad del viento.

Es el coeficiente de transferencia de calor por radiación se puede determinar mediante la siguiente ecuación [84]:

$$h_r = \varepsilon \sigma (T_i + T_a)(T_i^2 + T_a^2) \quad (12)$$

El término G_L es calculado mediante [84]:

$$G_L = \sigma (T_{sky}^4 - T_a^4) \quad (13)$$

Donde:

T_{sky} es la temperatura del cielo, se relaciona con la temperatura ambiente [83, 84]:

$$T_{sky} = 0.0552 T_a^{1.5} \quad (14)$$

La eficiencia del colector solar η se calcula mediante la siguiente ecuación [84]:

$$\eta = \alpha + \varepsilon \frac{G_L}{G_T} - U_L \frac{(T_i - T_a)}{G_T} \quad (15)$$

2.2.2. Compresor

El caudal másico de refrigerante para un compresor rotativo y hermético se determina con la siguiente relación según Kong et al. [80], Mohanraj et al. [81] y Cia et al. [86]:

$$\dot{m}_r = \frac{N\phi V_d}{60V_{suc}} \quad (16)$$

Donde:

N : Velocidad de rotación del compresor.

V_{suc} : Volumen específico del refrigerante en la entrada del compresor.

ϕ : Eficiencia volumétrica del compresor.

V_d : Es la tasa de volumen de desplazamiento del compresor.

Según Aguilar et al. [10] para el cálculo de la eficiencia volumétrica del compresor se usa la siguiente expresión:

$$\phi = 0.959 - 0.00642 \frac{P_{dis}}{P_{suc}} \quad (17)$$

Para el cálculo de la potencia del compresor, se puede calcular en términos de la diferencia de entalpía del refrigerante en la entrada y salida del compresor despreciando la caída de presión según Mohamed et al. [82], Wang et al. [87] y Chaturvedi et al. [88]:

$$\dot{W}_{com} = \dot{m}_r \frac{P_{suc} V_{suc}}{\eta_{com}} \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_{dis}}{P_{suc}} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = \dot{m}_r (h_{outx} - h_{inc}) \quad (18)$$

Donde: \dot{W}_{com} es la tasa de energía consumida por el compresor, P_{suc} , P_{dis} son las Presiones de succión y descarga del compresor respectivamente, η_{com} es la eficiencia total del compresor, k el índice politrópico del vapor del

refrigerante (1.23) [80] y h_{inc} , h_{outc} son las entalpías del refrigerante en la entrada y salida del compresor, respectivamente.

La temperatura de descarga del compresor se calcula mediante [82, 80]:

$$T_{dis} = T_{suc} \left(\frac{P_{dis}}{P_{suc}} \right)^{\frac{K-1}{K}} \quad (19)$$

Donde: T_{suc} , T_{dis} son las temperaturas de succión y descarga del compresor, respectivamente.

2.2.3. Condensador

El flujo de ganancia de calor ganado en el condensador (\dot{Q}_{cond}) se puede calcular mediante la siguiente relación [55]:

$$\dot{Q}_{cond} = \dot{Q}_{col} + \dot{W}_{com} \quad (20)$$

Para determinar la cantidad de calor que gana el agua en tanque se realiza su análisis con la siguiente ecuación: [82, 80]:

$$\dot{Q}_w = M_w C_w \frac{dT_w}{d\tau} = M_w c_w \frac{T_{w,o} - T_{w,i}}{\tau} \quad (21)$$

Donde: \dot{Q}_w es la ganancia de calor en el condensador, M_w es la masa total del agua en el tanque, c_w es el calor específico del agua, τ es el tiempo de calentamiento y $T_{w,i}$, $T_{w,o}$ son las temperatura inicial y final del agua, respectivamente. Realizando un balance de energía en el condensador de la bomba de calor y considerando las pérdidas en el tanque de almacenamiento de agua, se tiene [80].

$$\dot{Q}_w = \dot{Q}_{cond} - U_{con} A_{tan} (T_{w,i} - T_a) \quad (22)$$

Donde: A_{tan} es el área total del tanque de almacenamiento de agua y U_{con} es el coeficiente global de transferencia de calor en el área exterior del tubo del condensador el mismo que se determina [80]:

$$U_{con} = \frac{1}{\frac{A_{con,o}}{\alpha_i A_{con,i}} + \frac{\delta_{con} A_{con,0}}{\lambda_{con} A_{con,m}} + \frac{1}{\alpha_w}} \quad (23)$$

Donde: α_i es el coeficiente de transferencia de calor por convección entre el refrigerante y la superficie de la pared interior del tubo del condensador, α_w es el coeficiente de transferencia de calor por convección entre el agua y la superficie de la pared exterior del tubo del condensador, $A_{con,i}$ es el área interior del tubo del condensador, $A_{con,0}$ es el área exterior del tubo del condensador, $A_{con,m}$ es el área media del tubo del condensador, λ_{con} es el coeficiente de conductividad térmica del tubo del condensador y δ_{con} es el espesor del tubo del condensador.

$$\alpha_i = \frac{\dot{Q}_{con}}{A_{con,i} (T_{rm,con} - T_{w,i})} \quad (24)$$

2.2.4. Válvula de expansión

En la válvula de estrangulamiento el proceso térmico se considera aproximadamente isoentálpico [55], es por ello que no presenta trabajo ni transferencia de calor y se puede calcular mediante la siguiente condición según Kong et al. [80], Mohamed et al. [82] y Wang et al. [87]:

$$h_{e,i} = h_{e,o} \quad (25)$$

Donde: $h_{e,i}$, $h_{e,o}$ entalpía del refrigerante en la entrada y salida de la válvula de expansión respectivamente.

2.2.5. Evaluación del rendimiento térmico

EL COP es una relación entre el calor cedido en el condensador y el trabajo requerido del compresor para completar el ciclo de refrigeración. El COP es un término que permite verificar que tan efectiva es la bomba de calor, es decir, mientras más alto sea su valor, menor cantidad de trabajo necesitará para producir la misma cantidad de calor [82, 55, 81].

$$COP = \frac{\dot{Q}_w}{\dot{W}_{com}} = \frac{h_{outcon} - h_{incon}}{h_{outc} - h_{inc}} \quad (26)$$

Donde: COP es el coeficiente de rendimiento de la bomba de calor, h_{incon} y h_{outcon} son las entalpías del refrigerante en la entrada y salida del condensador, respectivamente. En la Tabla 2.8 se detallan los principales parámetros utilizados para el dimensionamiento de la bomba de calor.

Tabla 2. 8 Parámetros iniciales de la bomba de calor

Componente	Parámetro	Valor
Colector solar	Absortividad de la placa colectora:	0.09
	Área del colector solar:	1.59 m ²
	Constante de Stefan Boltzmann:	5.67·10 ⁻⁸ W·m ⁻² ·K ⁻⁴
	Diámetro externo de la tubería:	8·10 ⁻³ m
	Distancia entre las tuberías:	0.04 m
	Espesor del colector solar:	1.8·10 ⁻³ m
	Emisividad de la placa colectora:	0.1
Compresor	Índice politrópico del refrigerante:	1.23
	Velocidad de Rotación:	2900 rpm
	Volumen de desplazamiento:	1.5·10 ⁻⁵ m ³
Condensador	Área exterior del tubo del condensador:	5.70 ·10 ⁻⁵ m ²
	Área interior del tubo del condensador:	1.41·10 ⁻⁴ m ²
	Área media del tubo del condensador:	1.98·10 ⁻⁴ m ²
	Área total del tanque:	0.1195 m ²
	Conductividad térmica:	52 W·m ⁻² ·K ⁻⁴
	Espesor del tubo del condensador:	1.25·10 ⁻³ m
	Masa de agua:	100 kg

En este capítulo se desarrolló el estudio de cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico y de la bomba de calor, el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico siguiendo como referencia a los autores Leonics [68] y Pareja [73] que permitió calcular el número de paneles, número de baterías, tamaño del inversor y del controlador de carga para abastecer la demanda requerida del equipo. Se dieron a conocer condiciones atmosféricas de la ciudad de Tulcán, las mismas que infieren en el funcionamiento de la bomba de calor.

En lo que concierne a la bomba de calor las fórmulas para su estudio son tomadas de investigaciones realizadas por Kong et al. [80], Mohamed et al. [82], y Paradeshi et al. [85] autores que realizan investigaciones sobre bombas de calor de expansión directa con energía solar que facilitan la resolución de los cálculos pertinentes.

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos aplicando las fórmulas detalladas en el Capítulo 2, como también las pruebas realizadas en los equipos.

3.1. Adecuación del contenedor marítimo para vivienda

Los contenedores marítimos luego de cumplir su vida útil no son bien utilizados, es por esta razón que se busca repotenciarlos y usarlos como viviendas; debido al material con el que son fabricados, estos son ideales ideal para este propósito. Al observar la Figura 3.1 se puede tener una idea más clara del tipo de vivienda que se puede implementar en un contenedor marítimo.



Figura 3. 1 Contenedor marítimo adecuado para vivienda [89].

3.2. Ensayos

3.2.1. Determinación del ángulo óptimo de los paneles solares

La toma de datos meteorológicos se realizó con la estación meteorológica WS-1200, se puede obtener datos como: velocidad del viento, precipitación, radiación solar, temperatura ambiente, entre otros. En la investigación no se encontró datos que sugieran el ángulo óptimo para mejor funcionamiento de los paneles solares, es por esta razón que se optó por construir un mecanismo que permita regular la inclinación de los paneles solares y por medio de toma de datos determinar el ángulo óptimo para la ciudad de Tulcán.

Para una inclinación de cero grados la radiación promedio fue de $294.77 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (una de las más bajas registrada) mientras que el valor de la intensidad de corriente es el máximo y toma un valor de 12.05 A. De todos los valores medidos esta intensidad es la más óptima para cargar la batería en menor tiempo. En la Tabla 3.1 se presenta un resumen de todos los datos recopilados en la presente investigación, los datos de tomados de forma diaria son mostrados desde el anexo cuatro hasta el anexo veintiséis.

Tabla 3. 1 Selección de ángulo de paneles solares

Graduación del panel solar (°)	Intensidad promedio (A)	Radiación promedio ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)
0	12.05	294.77
5	9.59	263.30
10	8.79	300.43
15	8.32	298.42
30	8.78	305.93
45	9.33	297.12

3.2.2. Carga de la batería

La batería fue puesta a prueba bajo dos cargas con diferentes fuentes de energía, la Tabla 3.2 muestra los parámetros y los resultados obtenidos del ensayo con fuente de energía solar con un consumo de 0 W. Para que la batería se cargue por completo transcurrieron 58 horas y 30 minutos.

Tabla 3. 2 Carga de la batería con paneles solares

Fecha	Hora (h)	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Radiación promedio ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)
18 de mayo de 2018	8:00	4	10.3	350.8
	18:30	38	11.2	
19 de mayo de 2018	8:00	37	11.2	326.6
	18:30	77	12.8	
20 de mayo de 2018	8:00	74	12.7	384.1
	18:30	99	13.7	

La segunda prueba de carga total se realiza con un equipo externo con una carga promedio de 12 V y 12 A por un periodo de 14 horas y un consumo energético de 0 W, y sus resultados se pueden analizar en la Tabla 3.3.

Tabla 3. 3 Carga de la batería con equipo externo

Fecha	Hora (h)	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)
16 de mayo de 2018	20:30	1	10.5
17 de mayo de 2018	11:30	100	14.2

3.2.3. Descarga de la batería

La prueba de descarga de la batería se realiza sin entrada de corriente y con un consumo constante de 150 W y 330 W, con una inclinación de los paneles solares de cero grados. Los resultados obtenidos de las dos pruebas, pueden ser observados en la Tabla 3.4.

Tabla 3. 4 Equipos conectados en las pruebas de descarga

Prueba con 150 W		Prueba con 330 W	
Equipo	Potencia (W)	Equipo	Potencia (W)
6 Lámparas led	108	12 Lámparas led	216
1 foco ahorrador	48	3 foco ahorrador	96
-	-	3 foco led	18
Consumo total	150	Consumo total	330

La Figura 3.2 presenta la descarga de la batería en los dos ensayos realizados.

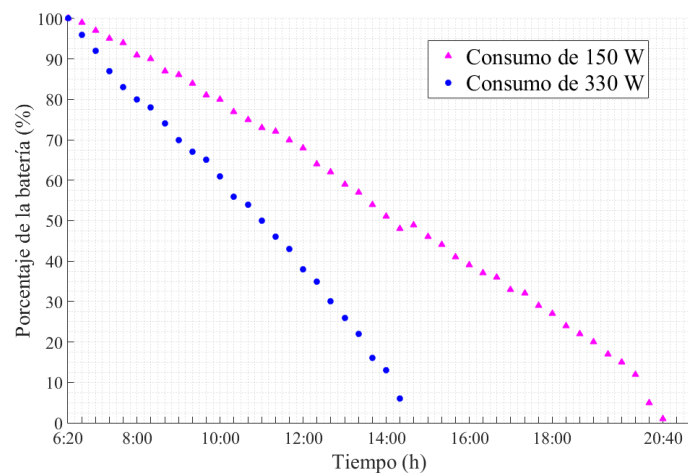


Figura 3. 2 Descarga de la batería

La Figura 3.3 muestra la variación del voltaje a través del tiempo para las pruebas a continuación descritas. Con el consumo de 150 W el tiempo transcurrido para que llegue el porcentaje de carga a 1 % fue de 16 horas con 17 minutos brindando 2442.5 W·h, el equipo se apagó automáticamente a las 20:17 h. Cuando la batería se sometió a un consumo energético de 330 W, el tiempo de funcionamiento fue de 6 horas y 55 minutos aportando 2282.5 W·h. El mínimo voltaje que llega la batería consumiendo 150 W es 10.7 V y con un consumo de 330 W puede llegar a un valor mínimo 10.5 V.

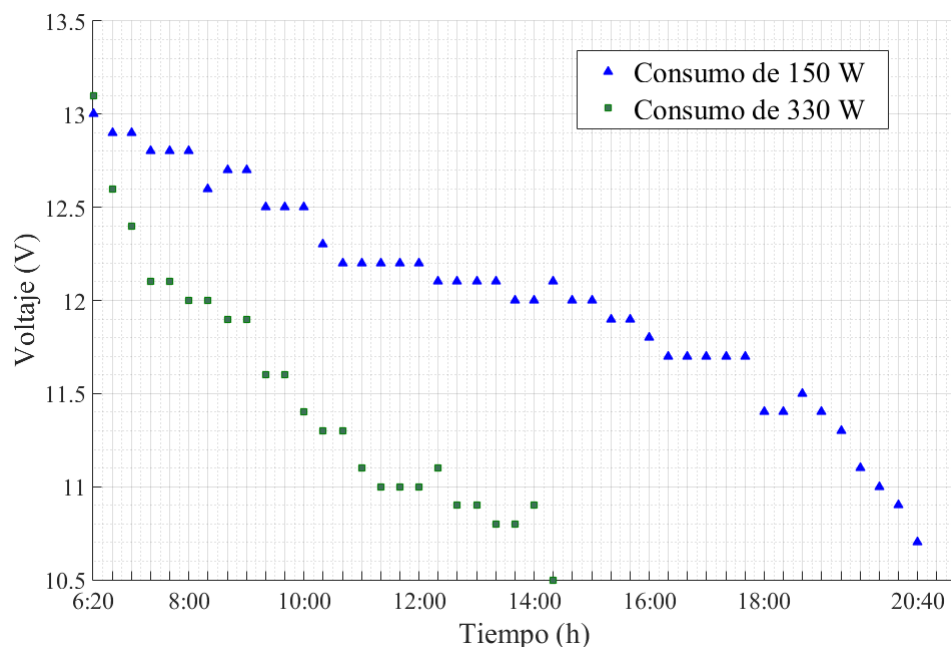


Figura 3.3 Voltaje de la batería.

3.2.4. Radiación solar

Gracias a las mediciones experimentales realizadas en este documento, se logró determinar que los niveles promedio de radiación en la ciudad de Tulcán son bajos y equivale a $263.65 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ en promedio general; al ser comparados con otros lugares del mundo como el desierto de Atacama ubicado entre las Repúblicas de Chile y Argentina [90], en donde se tiene una de las radiaciones más altas a nivel global y corresponde a un valor de $322 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ [91]. Además, se logró registrar una radiación máxima de $831.5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, con un total aproximado de 12 horas de horas de sol diarias entre las 6:15 h y las 18:15 h.

La Figura 3.4 describe la variación en la radiación solar en cinco pruebas diferentes en las cuales se logra apreciar que los valores más elevados se presentan entre las 10:00 y las 14:00 h. La presencia de nubes en la zona provoca altos y bajos en la radiación.

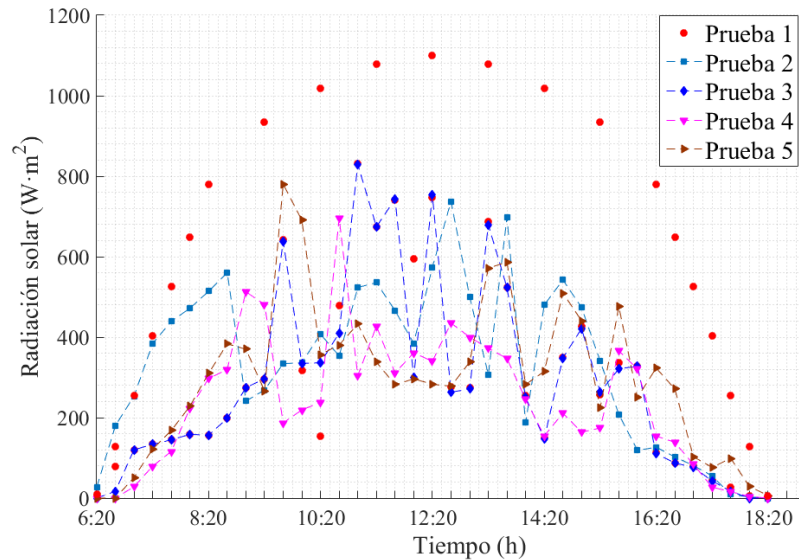


Figura 3. 4 Variación de la radiación solar medida.

3.2.5. Temperatura

En el período de registro de datos se obtuvo una temperatura máxima 18.4 °C y una temperatura promedio de 13.65 °C en el ambiente. En la Figura 3.5 también existen altos y bajos en la temperatura ambiente los cuales son provocados por la presencia de nubes y corrientes de aire frío.

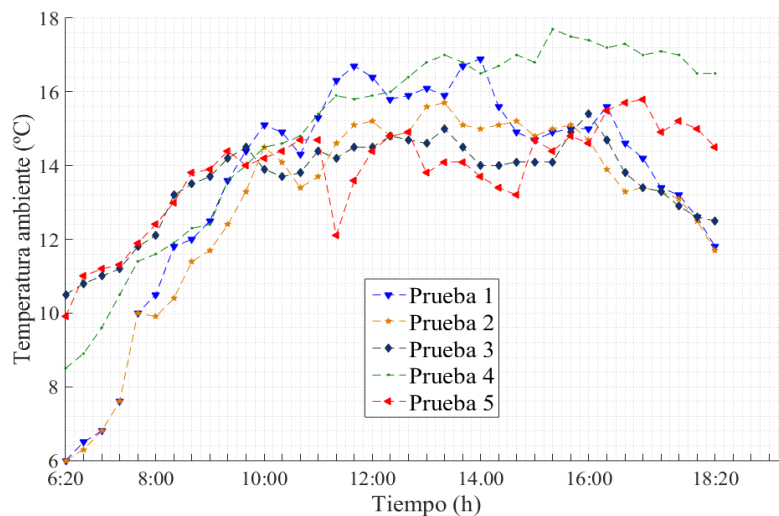


Figura 3. 5 Variación de la temperatura ambiente.

En la Figura 3.6 se muestra la variación de temperatura al interior del camper, siendo sus valores máximos y mínimos 19.7 y 6.3 °C, respectivamente, lo cual permite sea un espacio apto para habitar. Las pérdidas de calor que se aprecian en esta variación, se dan por el calor que escapa a través de las ventanillas y piso, sumado una baja temperatura exterior.

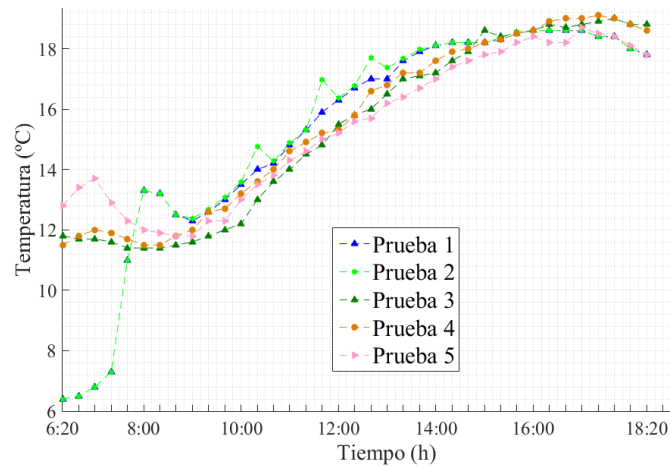


Figura 3. 6 Variación de la temperatura interior del contenedor marítimo.

3.2.6. Velocidad del viento

La velocidad del viento influye directamente en el cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección del colector solar, mientras más alto sea el valor de la velocidad del viento mayor será la pérdida generada. En las mediciones se logró identificar que la velocidad del viento en las noches es de 0 m·s⁻¹, y su máximo valor en el día es 6.7 m·s⁻¹, estos datos se reflejan en la Figura 3.7.

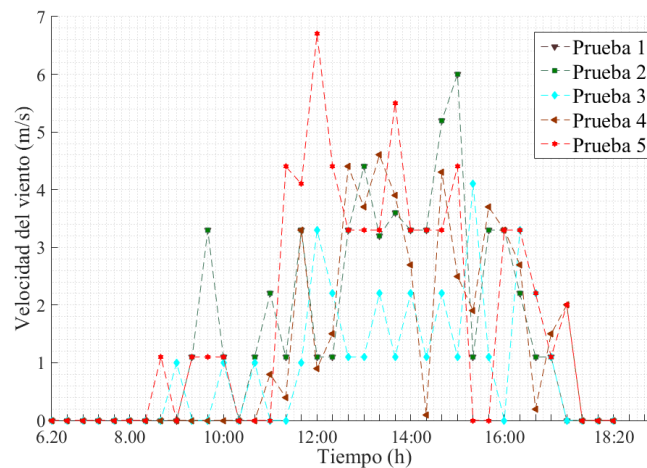


Figura 3. 7 Variación de la velocidad de viento.

3.2.7. Ganancia de calor

El calor ganado en el colector tiene un promedio general de 70.31 W. Los factores analizados y que influyen directamente son la temperatura ambiente, la radiación y las pérdidas por conducción y convección.

En la Prueba 1 se tienen las mejores condiciones climáticas para el colector las cuales son alta radiación y poco viento, en las gráficas se puede observar claramente que una variación de los factores antes mencionados provoca altos y bajos considerables.

Los resultados del calor ganado en el evaporador se presentan en la Figura 3.8.

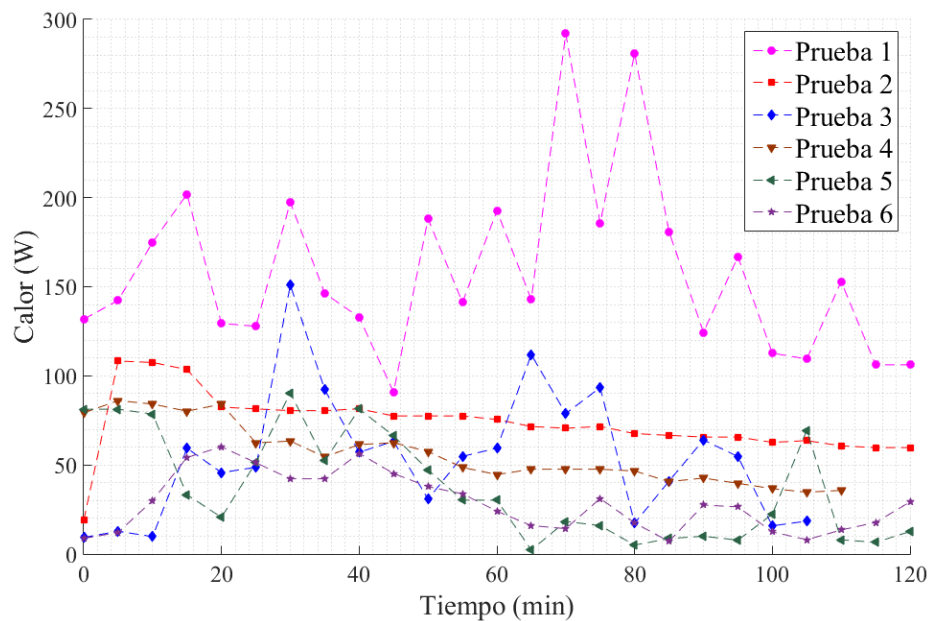


Figura 3. 8 Ganancia de calor en el colector.

El calor ganado en el colector/evaporador es transmitido mediante el fluido de trabajo (refrigerante R410A) hasta llegar al tanque de almacenamiento en donde se encuentra inmerso el condensador el mismo que transfiere calor al agua.

El calor total ganado en el condensador se determina mediante la suma de la tasa de energía consumida por el compresor y la tasa de ganancia de calor útil del colector solar.

El calor total ganado en el condensador se determina mediante la suma de la tasa de energía consumida por el compresor y la tasa de ganancia de calor útil del colector solar. En la Figura 3.9 se logra apreciar la ganancia de calor en el colector a través del tiempo.

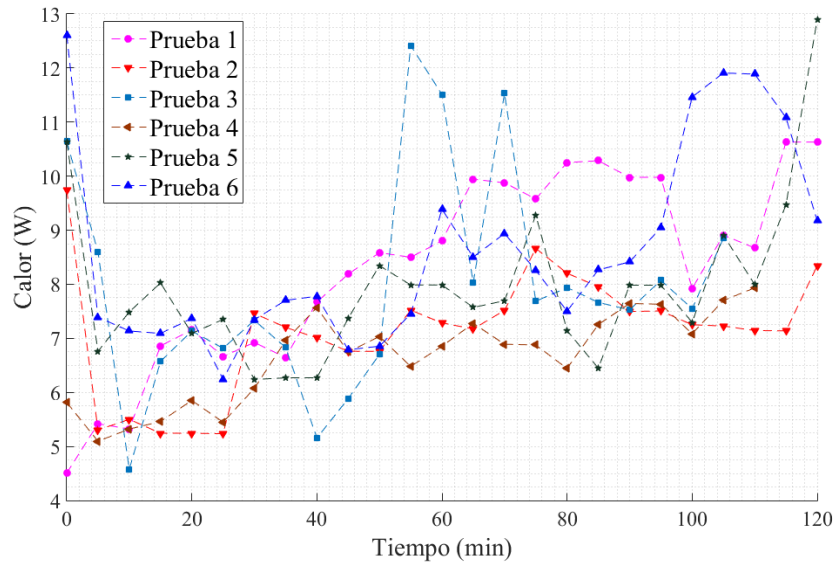


Figura 3. 9 Ganancia de calor por el refrigerante R410A.

La Figura 3.10 expresa el calor ganado en el condensador, valor que influirá directamente en la temperatura de salida del agua.

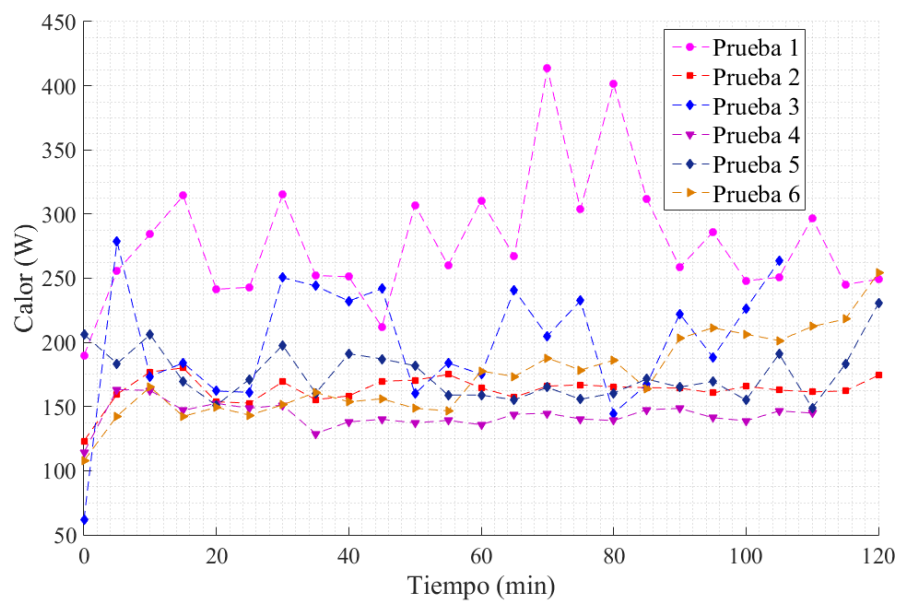


Figura 3. 10 Calor total ganado en el condensador.

3.2.6. Compresor

En la Figura 3.11 se presenta el consumo energético que tiene el compresor, el valor más alto de la potencia alcanzada es de 249.86 W.

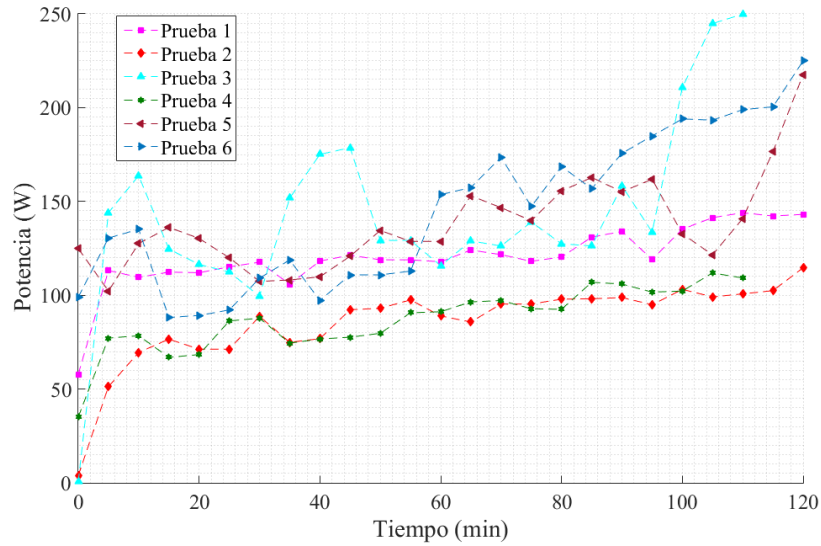


Figura 3. 11 Potencia requerida del compresor.

La Figura 3.12 presenta la variación de masa respecto al tiempo en el compresor del refrigerante R410A, en el colector puede llegar a temperaturas muy bajas (incluso puede llegar a formar hielo, esto en condiciones con baja radiación y alta velocidad en el viento).

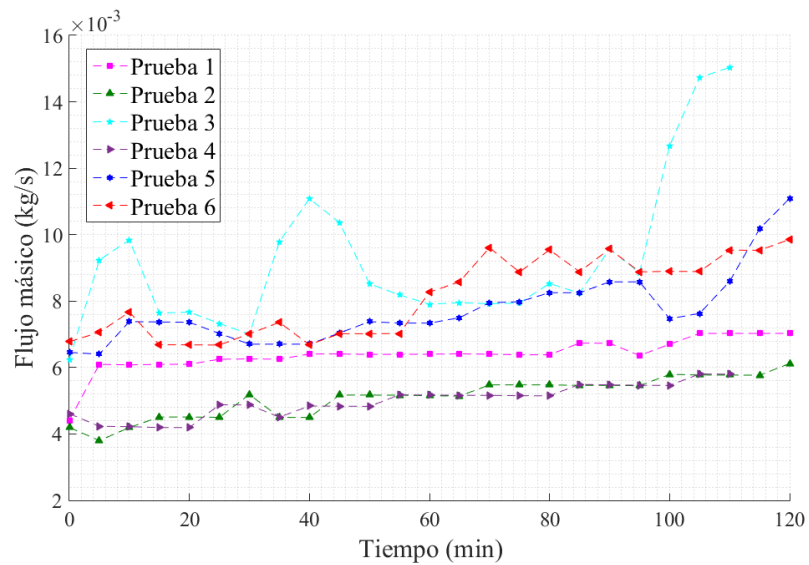


Figura 3. 12 Variación del flujo másico del refrigerante R410A.

El compresor recibe el refrigerante proveniente del colector solar y eleva la presión del refrigerante R410A que llega al condensador. En la Figura 3.13 se muestra la variación de presión en el compresor.

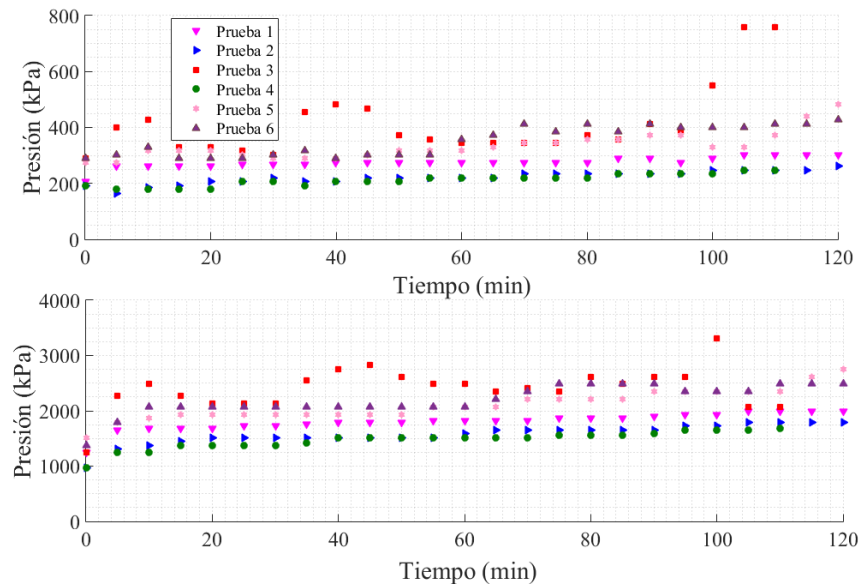


Figura 3. 13 Presión de entrada y salida del refrigerante R410A en el compresor.

Debido al aumento de presión provocado por el compresor, la temperatura del refrigerante también aumenta y su valor máximo tabulado en las pruebas realizadas es de 77.90 °C. En la Figura 3.14 se logra apreciar la diferencia de temperatura del refrigerante desde la entrada hasta la salida del compresor.

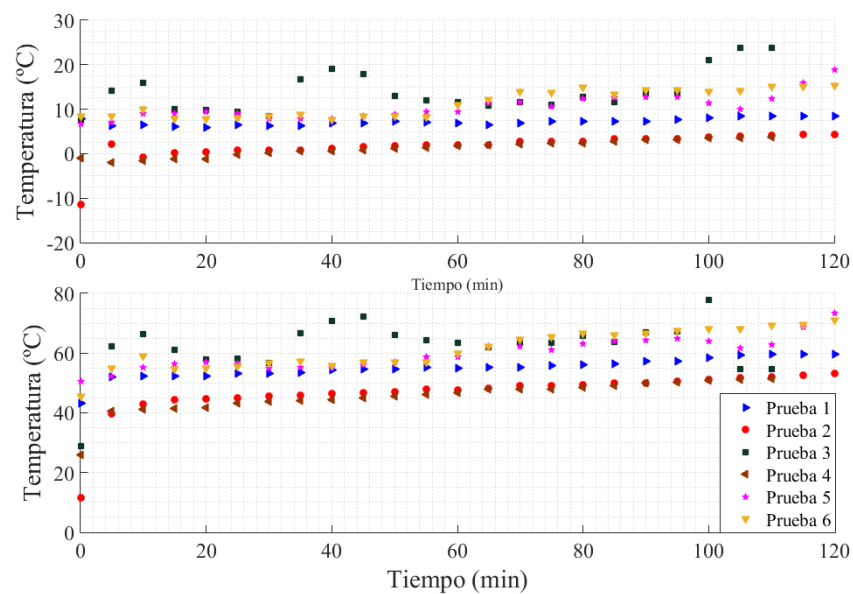


Figura 3. 14 Temperatura de entrada y salida del refrigerante R410A en el compresor

3.2.7. Temperatura en el colector / evaporador

Para analizar la variación de temperatura que sufre el refrigerante dentro del colector solar se instalaron termocuplas detalladas en la Figura 3.15.

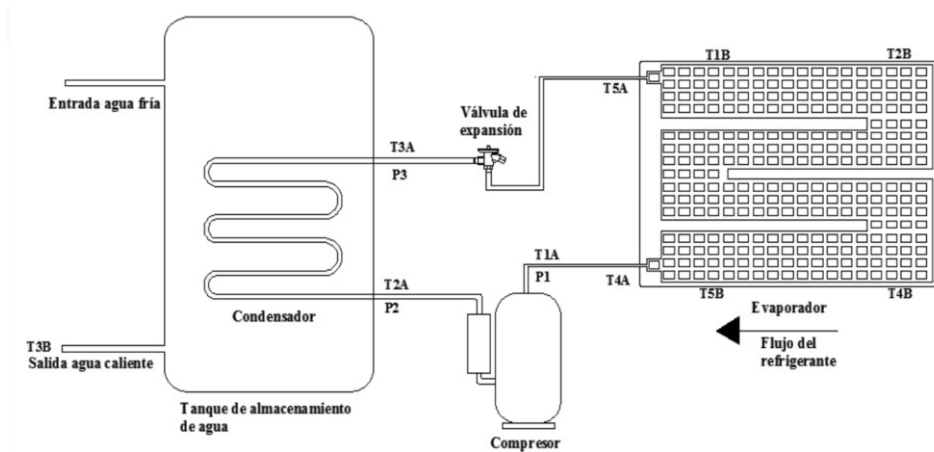


Figura 3. 15 Diagrama de presiones y temperaturas en el equipo

En el área del colector se instalaron cuatro termocuplas las mismas que llevan el nombre de T1B, T2B, T4B y T5B, siendo la mayor de todas las salidas del colector representadas por T5B, demostrando así, la ganancia de calor y temperatura en el refrigerante. La Figura 3.16 muestra las variaciones de temperatura en el tiempo en varios puntos del colector.

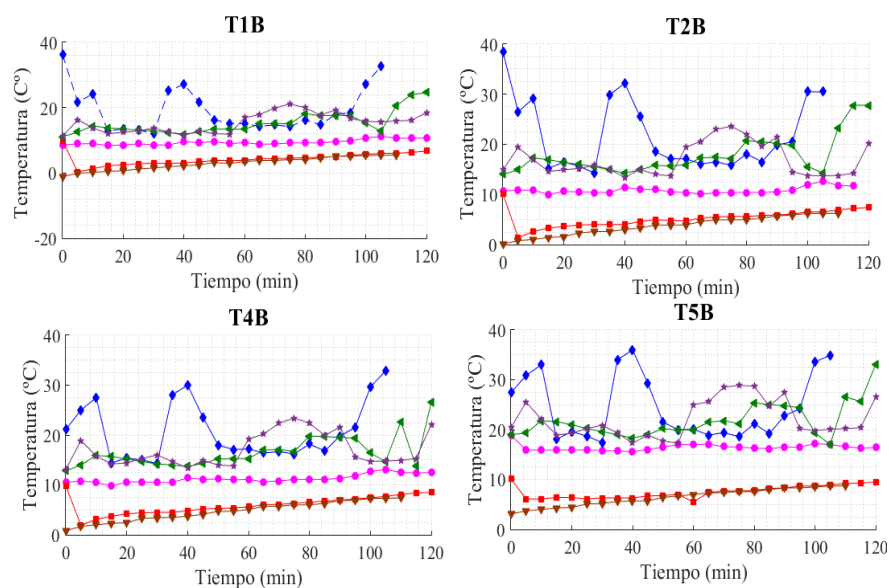


Figura 3. 16 Variación de la temperatura del refrigerante R410A en el colector solar

3.2.8. Temperatura termográfica en el colector / evaporador

La cámara termográfica es un dispositivo electrónico que permite identificar a la vez varias temperaturas presentes un objeto, esto se logra gracias a las emisiones infrarrojas de los cuerpos, en esta investigación se realizó varios registros termográficos del colector solar, en la Tabla 3.5 se muestra los datos los datos obtenidos del ensayo realizado.

Tabla 3. 5 Datos informativos de la imagen termográfica

Hora del registro	12:00:31
Temperatura de fondo	19.0 °C
Transmisión	93 %
Rango de la imagen	9.6 °C a 38.6 °C
Temperatura promedio	15.4 °C
Distancia al objetivo	2.04 m

En la Tabla 3.6 se muestra la diferencia de temperaturas en el colector solar entre los datos obtenidos por la cámara termográfica y las termocuplas, la diferencia más representativa es en el punto T2B con un valor de 5.4 °C. A la vez en la Figura 3.17 se muestra uno de los registros termográficos obtenidos.

Tabla 3. 6 Datos comparativos de temperaturas

Referencia	Temperatura Termográfica (°C)	Temperatura Termocupla (°C)
T4A	17.5	17.5
T5A	11.6	11.7
T1B	15.6	16.3
T2B	14	19.4
T4B	16.2	18.9
T5B	22.3	25.5

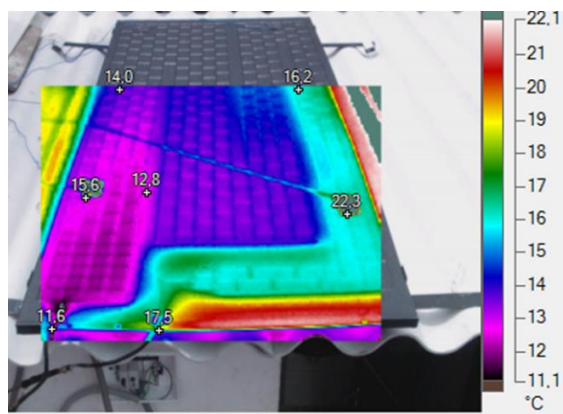


Figura 3. 17 Temperaturas del colector / evaporador.

La Figura 3.18 muestra la variación de temperatura respecto a la longitud del colector.

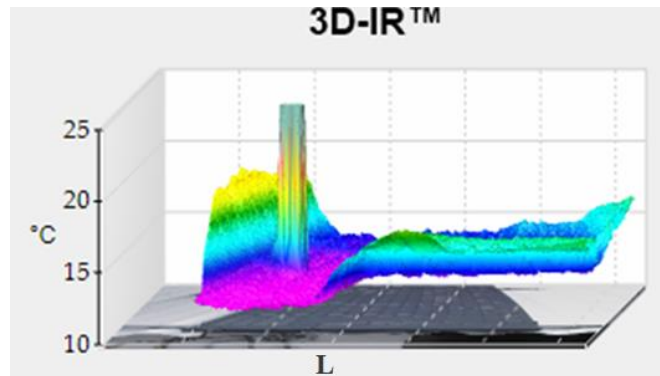


Figura 3. 18 Distribución 3D de la temperatura en el colector / evaporador.

3.2.9. Temperatura del agua

Para los respectivos análisis se debe considerar una masa constante de 100 kg, ya que no existe entrada ni salida de agua del tanque de almacenamiento, durante el funcionamiento del equipo. Gracias a los ensayos con la bomba de calor, se logró identificar una temperatura de salida de agua máxima de 45.2 °C con radiación moderada en un tiempo de 120 minutos de funcionamiento. En la Tabla 3.7 se puede apreciar que en las pruebas realizadas en la mañana y con una radiación moderada se obtienen los máximos valores en la temperatura final del agua, lo cual es un indicador para determinar las condiciones más adecuadas para un mejor rendimiento de la bomba.

Tabla 3. 7 Temperaturas del agua y condiciones climáticas

Prueba	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Condición climática
Prueba 1	12.2	35.1	Realizada en la tarde y con la placa colectora en la sombra
Prueba 2	7.1	29.6	Realizada en la noche y bajo condiciones de lluvia moderada
Prueba 3	16.2	42.5	Realizada en la mañana con cielo despejado
Prueba 4	12.5	31.2	Realizada en la noche
Prueba 5	15	45.2	Realizada en la mañana con radiación moderada
Prueba 6	12.1	41.6	Realizada en la mañana con cielo despejado

3.2.10. Rendimiento del sistema

El COP de la bomba de calor es una relación entre la tasa de calor ganado en el condensador y la tasa de energía consumida por el compresor, el valor más alto obtenido de COP es de 3.4. En la gráfica 3.19 se ratifica una vez más que las condiciones ideales para un correcto funcionamiento son alta radiación y poco viento. Ya que con una alta radiación se gana mayor porcentaje de calor en el refrigerante y al tener poco viento las pérdidas de calor son menores.

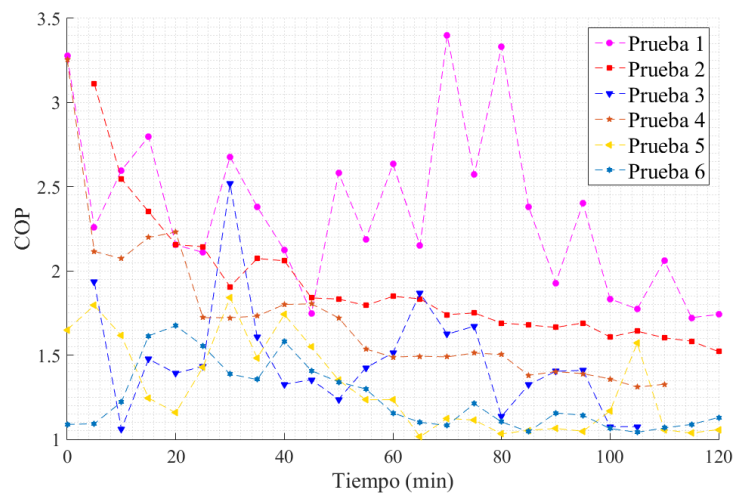


Figura 3. 19 Variación del COP en la bomba de calor.

3.2.11. Simulación en el software TRNSYS

El software TRNSYS tiene como objetivo simular la conducta que sufren los sistemas transitorios, la Figura 3.20 muestra los elementos necesarios para simular la radiación solar.

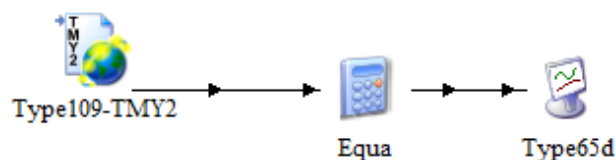


Figura 3. 20 Componentes para simular la radiación solar

Se simuló en TRNSYS la radiación solar para 30 días, se puede observar que la radiación solar varía en gran proporción entre cada día; siendo los picos más altos al medio día y un valor equivalente a $0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ en las noches, estos valores se pueden observar en la Figura 3.21.

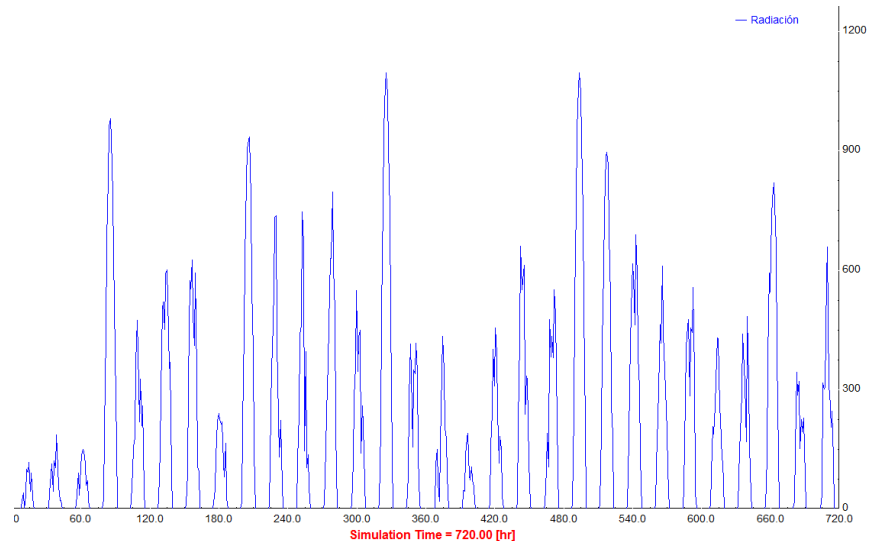


Figura 3. 21 Radiación solar

En la Tabla 3.8 se detallan los componentes empleados para las simulaciones en TRNSYS usados para tener un modelo de referencia del funcionamiento de la bomba de calor.

Tabla 3. 8 Componentes empleados en la simulación

Componente	Función
Type109-TMY2	Se emplea para obtener datos meteorológicos de una región específica
Equa	Crea transformaciones de unidades de medida
Type65d	Muestra las variables que se van a graficar
Tipe14h	Simula la forma de operación eléctrica de los equipos conectados
Type3b	La bomba permite controlar el flujo másico
Type1b	Modela el comportamiento de un colector solar
Type6	Calentador auxiliar para llegar a la temperatura del agua deseada
TYPE24	Integra las ecuaciones internas del software
Type25a	Imprime las variables deseadas

La segunda simulación realizada fue la de la temperatura alcanzada del agua en el tanque, en la Figura 3.22 se detallan los componentes que se usó para el modelamiento del colector solar.

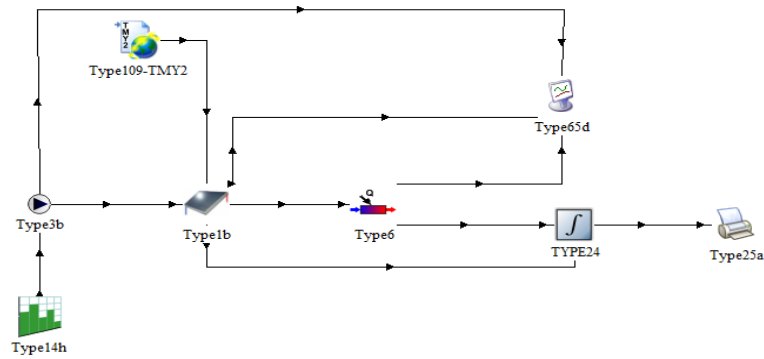


Figura 3. 22 Componentes para simular el comportamiento del agua

Para determinar la temperatura que logra alcanzar el agua calentada por la bomba de calor se realizó una comparación entre la temperatura real del agua medida con la temperatura obtenida mediante el uso del software TRNSYS se logró determinar que existe una variación del 8 % de los parámetros, La temperatura antes mencionada se puede interpretar en la Figura 3.23.

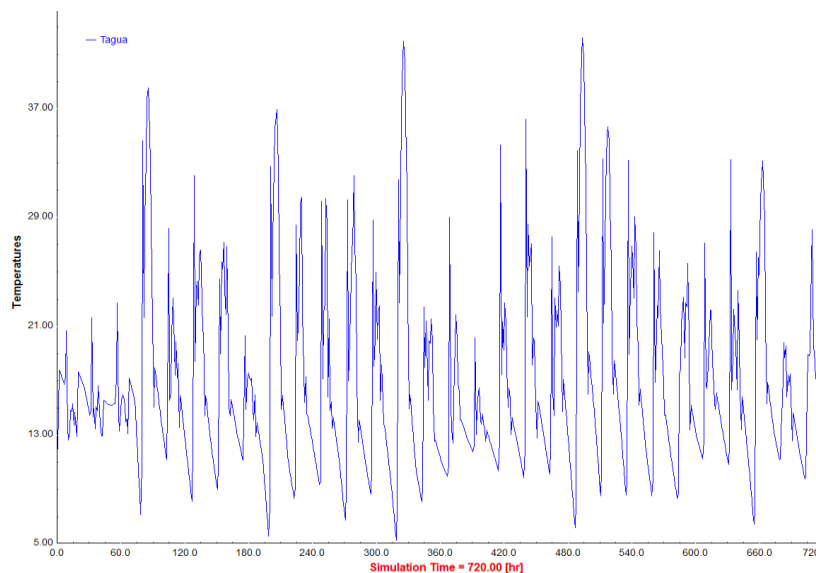


Figura 3. 23 Temperatura del agua

Los datos mostrados de la Figura 3.4 a la 3.19 fueron obtenidos después de analizar los datos presentados en los Anexos del 27 al 39.

3.2.12. Estudio ambiental

En el siglo XXI realizar un análisis ambiental es indispensable para predecir el impacto causado al ecosistema por la generación de un proyecto. La producción de energía eléctrica por fuentes comunes (combustibles fósiles y energía hidroeléctrica) emiten ciertas toneladas de CO₂ al medio ambiente dependiendo de su demanda, las consecuencias de la contaminación son alteraciones en las estaciones del año y aumento de temperatura en el planeta [92]. En Ecuador, estudios realizados por Parra [93] muestran que el factor de emisiones de CO₂ tiene un valor de 0.3426 kg CO₂·kW⁻¹·h⁻¹. Con este factor se calcula la cantidad de toneladas que se emiten al medio ambiente, los equipos detallados en la Tabla 2.6 instalados en el presente proyecto de investigación tienen un consumo de 1.42 kW·h·día⁻¹.

$$1.42 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{día}} \left(0.3426 \frac{\text{kg} \cdot \text{CO}_2}{\text{kW} \cdot \text{h}} \right) \left(\frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) = 177.57 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{año}}$$

En promedio una persona usa 28 litros (0.029 m³) de agua caliente al día a 50 °C para actividades como cocción de alimentos entre otros y para una ducha se usa entre 80 y 120 litros de agua [94], para el análisis se toma como referencia el consumo total de agua al día, para lo cual se suma la capacidad del tanque instalado (100 litros) más los 28 litros que se usan para otras actividades . Tomando para el agua los siguientes valores: densidad de 1000 kg·m⁻³ y calor específico a presión constante de 4.19 kJ·kg⁻¹·°C⁻¹, se obtiene la masa total de agua que una persona requiere en un año [95]:

$$0.128 \text{ m}^3 \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot 365 \text{ días} = 46720 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

El proyecto se enfoca en dimensionar la bomba de calor para abastecer de agua caliente a una persona, por lo cual los 46720 kg son la masa total de agua requerida en un año. En la ciudad de Tulcán el agua tiene un promedio de temperatura de 13 °C según datos de La Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T) [96].

Usando la Ecuación 21 y realizando los cálculos respectivos se tiene:

$$Q = 46720 \text{ kg} \cdot 4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ kW} \cdot \text{h}}{3600 \text{ kJ}} \cdot (50^\circ\text{C} - 13^\circ\text{C}) = 2011.94 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

Para determinar las emisiones de CO₂ se utiliza el mismo factor empleado para los equipos detallados en la Tabla 2.6

$$2011.94 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot 0.3426 \frac{\text{kg} \cdot \text{CO}_2}{\text{kW} \cdot \text{h}} = 689.29 \text{ kg CO}_2$$

Considerando las emisiones de CO₂ que se generan al usar energía eléctrica (calentamiento de ACS y equipos instalados en el contenedor marítimo) se tiene que se pueden dejar de emitir 0.87 toneladas de CO₂ al año, empleando energía solar como fuente alternativa para abastecer la demanda planteada.

3.3. Equipos y materiales

De la Tabla 3.9 a la Tabla 3.12 se representan los costos por cada equipo implementado en el presente trabajo:

3.3.1. Camper

Tabla 3. 9 Detalle de costos para adecuación del camper

Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Camper usado	1	3500	500
Caja de breaker	1	20	20
Breaker	2	6	12
Tomacorriente	6	2.75	16.5
Interruptor	3	2.75	8.25
Cajetín plástico	9	3.5	31.5
Cable sólido m	45	0.6	27
Cinta aislante 3m	6	0.6	3.6
Lámpara led	6	6.5	39
bases para lámpara	3	5	15
Lija	5	0.4	2
Pintura en galón	2.5	20	50
Thinner galón	2	10	20
Instalación eléctrica	1	280	280
Trabajo de pintura	1	210	210
Varios	1	50	50
Costo total			1284.85

3.2.2. Bomba de calor

Tabla 3. 10 Costos de materiales y equipos de la bomba de calor

Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Panel termodinámico	1	170	170
Compresor 3/8 HP	1	300	300
Bomba de agua	1	300	300
Tanque de almacenamiento	1	465	465
Condensador	1	170	170
Tubería de cobre m	6	4	24
Medidor presión alta/baja	1	60	60
Medidor presión 1000 psi	1	110	110
Refrigerante en kg	2	20	40
Carga de refrigerante	1	50	50
Instalación y armado	1	350	350
Transformador 225V/110 V - 50/60 Hz	1	80	80
Soportes y cajas metálicas	1	110	110
Otros	1	60	60
Costo total			2289

3.3.3. Sistema fotovoltaico

Tabla 3. 11 Costos de materiales y equipos del sistema fotovoltaico

Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Paneles solares	4	135	540
Batería 200 A·h 12 V	1	545	545
Inversor 1500 VA	1	800	800
Controlador de carga 30 A	1	350	350
Cableado y conectores	1	40	40
Base metálica	1	40	40
Instalación	1	60	60
Costo total			2375

3.3.3. Adecuación de baño y ducha

Tabla 3. 12 Costos para la construcción del baño y la ducha

Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Inodoro y lavamanos	1	150	150
Ducha	1	45	45
Costo de construcción	1	450	450
Material de plomería	1	70	70
Costo total			715

El costo total del proyecto es la suma de costos descritos desde la Tabla 3.9 hasta la 3.12 resultando un total de USD 6663.85.

3.4. Análisis comparativo de diferentes fuentes de energía

3.4.1. Energía eléctrica

En el análisis ambiental realizado, se determinó la cantidad de energía mensual requerida para satisfacer la demanda de los equipos (42.51 kW·h) y la energía mensual gastada para calentar el agua requerida por persona (13.97 kW·h). En la ciudad de Tulcán la empresa Eléctrica Regional Norte S.A. (EMELNORTE) brinda el servicio de energía eléctrica. EMELNORTE en su página web tiene disponible los cargos tarifarios vigentes desde el 2008 [97]. En el tarifario eléctrico se aplica el cobro dependiendo del consumo mensual generado, convirtiendo el consumo energético por calentar el agua mensualmente y sumando los equipos se tiene una demanda mensual de 56.48 kW·h, el costo por cada kW·h; es de 0.087 USD.

$$56.48 \text{ kW} \cdot \text{h} \frac{\text{USD } 0.087}{\text{ kW} \cdot \text{h}} = \text{USD } 4.91 \text{ cada mes}$$

Adicional al consumo eléctrico las planillas tienen rubros añadidos, en la Tabla 3.13 se presenta el valor en dólares del total a cancelar por el servicio eléctrico.

Tabla 3. 13 Planilla de consumo eléctrico

Detalle	Valor (USD)
Valor Consumo	4.91
Comercialización	1.41
Servicio alumbrado Público	1.43
Tasa de recolección de basura	2.78
Contribución Bomberos	5.79
Total	16.32

3.4.1. Energía proveniente de combustibles fósiles (Gas licuado de petróleo)

En Ecuador el Gas licuado de petróleo (GLP) tiene un precio de comercialización de USD 1.60 los 15 kg gracias a un subsidio que brinda el Estado Ecuatoriano a la ciudadanía, según Armijos [98] el precio real USD 22.27. El poder calorífico del GLP [99] es $10941.68 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$ y transformado a unidad de consumo energético se tiene $12.72 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$. Para realizar los cálculos se considera el precio real del cilindro de GLP; con un costo de $1.48 \text{ USD} \cdot \text{kg}^{-1}$.

$$\frac{1.48 \text{ USD} \cdot \text{kg}^{-1}}{12.72 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}} = \text{USD } 0.1163 \text{ kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

Finalmente, se termina el costo por calentar el agua que consume una persona mensualmente ($56.48 \text{ kW} \cdot \text{h}$).

$$56.48 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \frac{\text{USD } 0.1163}{\text{kW} \cdot \text{h}} = \text{USD } 6.57$$

En la Tabla 3.14 se presenta una comparación de costos que se debería cancelar con las diferentes fuentes de energía.

Tabla 3. 14 Comparación de precios por fuente de energía

Fuente de energía	Costo mensual (USD)
Energía eléctrica	16.32
Energía proveniente de combustibles fósiles (GLP)	6.57
Energía solar	0

3.5. Ahorro económico

El proyecto genera un ahorro económico por la implementación de la vivienda ecológica, en general, si una persona necesitaría alquilar una vivienda temporal con las comodidades que presta el proyecto tendría que cancelar USD 140 mensuales aproximadamente más los gastos que presentan el consumo de energía eléctrica y GLP (USD 18).

3.6. Costos de mantenimiento

El costo de manteniendo se ha estimado en USD 160 anuales, el equipo necesita un chequeo regular con dos mantenimientos preventivos en el año. En el mantenimiento se deberá realizar como mínimo las siguientes actividades:

- Limpieza del tanque de agua
- Verificar que los dispositivos de seguridad dentro de la unidad estén bien configurados desde la fábrica
- Controlar regularmente el sistema eléctrico y el cableado de suministro.
- Controlar regularmente la válvula de descarga del tanque de agua, para ver posibles daños o desórdenes
- No apilar desechos cerca de las áreas en las que la unidad debe mantenerse limpia, seca y bien ventilada. Una limpieza regular mantendrá los efectos de transferencia del calor
- Controlar regularmente el tubo de conexión de aceite, para asegurarse que no haya fugas en la unidad

3.7. Análisis económico

Si una persona requiere contratar los servicios de una vivienda ecológica con todas las comodidades mencionadas en el proyecto, tendría un ahorro económico, de 158 dólares, valor detallado en la Sección 3.5., dicho ahorro multiplicado por los doce meses del año se obtiene los datos anuales, obteniendo una base para el cálculo de factibilidad de implantar el proyecto.

De igual manera, dicho proyecto pretende recuperar la inversión en cinco años, para lo cual es necesario proyectar sus valores, por lo que se ha tomado en cuenta la tasa promedio de crecimiento de la inflación de los últimos diez años, como lo muestra la Tabla 3.15, datos que fueron recopilados en el Banco Central del Ecuador (2018):

Tabla 3. 15 Promedio de inflación anual del Ecuador [100]

Detalle	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Inflación %	8.33	4.31	3.35	5.41	4.16	2.70	3.67	3.38	1.12	1.29

En base a los cálculos realizados se obtiene que la inflación tuvo un crecimiento promedio del 3.77 % en los últimos diez años, cuyo porcentaje servirá para realizar la proyección tanto de ingresos o ahorros como de los gastos de mantenimiento necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

En la Tabla 3.16 se muestra los ingresos o ahorros en dólares americanos que la persona tendría si optará por los servicios de una vivienda ecológica:

Tabla 3. 16 Ingresos / ahorros en dólares americanos USD

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro vivienda ecológica	1897.08	1968.64	2042.89	2119.95	2199.92
Total	1897.08	1968.64	2042.89	2119.95	2199.92

De igual manera se realizará la proyección de los gastos de mantenimiento que el proyecto genera, mismos que fueron ejecutados con la inflación promedio del 3.77 % antes mencionada:

Tabla 3. 17 Gastos proyectados en dólares americanos (USD)

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mantenimiento	158.09	164.05	170.24	176.66	183.32
Total	158.09	164.05	170.24	176.66	183.32

Tanto los ingresos como los gastos proyectados son la base para realizar el análisis de factibilidad del proyecto; sin embargo, es necesario en primer lugar establecer cuál es el rendimiento mínimo del mismo, cuyo valor sirve de base para medir su rentabilidad.

Tabla 3. 18 Costo de oportunidad

Descripción	Valor (USD)	%	Tasa Promedio	Valor Promedio
Inversión propia	6663.85	100	4.99	499.00
Inversión Financiada	0.00			0.00
Total	6663.85	1		499.00

El rendimiento mínimo del proyecto es del 8.95 %; porcentaje que servirá para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Tiempo de Recuperación del Capital.

3.7.1. Valor Actual Neto

Según Mete [101], el VAN es aquel que transforma los flujos de efectivo futuros en presentes y muestra si el dinero que se invirtió va a ser recuperado o no dentro del período establecido. Para lo cual se utilizan la siguiente fórmula:

$$VAN = -I.I + \frac{FE_1}{(1+r)^1} + \frac{FE_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FE_n}{(1+r)^n} \quad (27)$$

Donde: *I* es la inversión inicial, *FE* es el flujo de efectivo y *r* es la tasa de redescuento.

Una vez realizados los respectivos cálculos que se muestra en la Tabla 3.19 y aplicada la fórmula se establece que el proyecto recupera su inversión en el transcurso de cinco años, mostrando en primera instancia que el proyecto es factible económicamente.

Tabla 3. 19 Flujos de efectivo

Años	Flujos de efectivo (USD)	Factor de actualización (%)	Flujos actualizados (USD)
1	1738.99	0.91785	1596.13
2	1804.59	0.84245	1520.27
3	1872.65	0.77324	1448.02
4	1943.29	0.70972	1379.20
5	2016.60	0.65142	1313.65
Total	9376.12		7257.26

El VAN tiene un valor de:

$$VAN = 7257.26 - 6663.85$$

$$VAN = 593.41$$

3.7.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno debe ser mayor que el costo de oportunidad [101]; es decir, dicha tasa demuestra la rentabilidad que el proyecto genera. A continuación, se menciona la fórmula que debe aplicar [101]:

$$TIR = TDi + (TDs - TDi) \left[\frac{VANTi}{VANTi - VANS} \right] \quad (28)$$

Donde:

TRI : Tasa de redescuento inferior

TRS : Tasa de redescuento superior

VANI : Valor actual neto inferior

VANS : Valor actual neto superior

$$TIR = 0.0895 + (0.15 - 0.0895) \left[\frac{593.46}{593.46 - (442.17)} \right]$$

$$TIR = 0.12$$

En base a los datos mostrados anteriormente se obtiene una tasa interna de retorno de 12 % siendo esta mayor que el costo de oportunidad 8.95 %, por lo tanto, es un proyecto rentable.

Tabla 3. 20 Cálculo de la tasa interna de retorno (%)

Años	Flujos de fondos (USD)	Tasa de redescuento (USD)	
		0.0895	0.1500
0	-6663.85	-6663.85	-6663.85
1	1738.99	1596.14	1512.17
2	1804.59	1520.28	1364.53
3	1872.65	1448.02	1231.30
4	1943.29	1379.21	1111.08
5	2016.60	1313.66	1002.61
Total	9376.12	7257.31	6221.68
VAN		593.46	-442.17
	TIR		0.12

3.7.3. Período de Recuperación del Capital

El análisis de tiempo de recuperación del capital es esencial para establecer el tiempo exacto en el cual el proyecto logra recuperar su inversión.

Tabla 3. 21 Recuperación de la inversión

Años	Inversión (USD)	Flujos Actualizados (USD)	Flujos Actualizados Acumulados (USD)
0	6663.85		
1		1596.13	1596.13
2		1520.27	3116.41
3		1448.02	4564.42
4		1379.20	5943.62
5		1313.65	7257.26

Una vez establecidos el ahorro generado al implementar una vivienda ecológica temporal, los costos que representa y los costos de mantenimiento se procede a analizar el VAN, TIR y tiempo de recuperación de la inversión se establece que el proyecto es rentable ya que logra recuperar la inversión inicial en un período de tiempo de 4 años 6 meses y 17 días y además genera una rentabilidad.

CONCLUSIONES

- Una vez terminada la instalación física del proyecto, se procedió a ocupar y comprobar si las instalaciones satisfacen las necesidades de seguridad, espacio y confort adecuado. Se puede afirmar que el espacio es perfecto como vivienda unipersonal y posee todo lo necesario para brindar una agradable estadía, además gracias al uso de energía renovable se ha logrado usar equipos eléctricos pese a varios cortes del suministro eléctrico de la red nacional mientras se realizaron las pruebas. Una vez terminado el trabajo en las instalaciones ahora ocupadas, esta vivienda temporal, podrá ser reubicada en pocos días y habitada nuevamente sin problema alguno.
- Los contenedores marítimos son una solución práctica para construir viviendas de bajo costo e impacto ambiental, ya que presentan ventajas como el uso de un reducido espacio; con un adecuado mantenimiento tienen un tiempo de vida ilimitado debido al material con que están contruidos (acero naval), facilidad de traslado y ubicación; en construcción representan un ahorro económico del 75 % aproximadamente, comparado con una vivienda de similares características edificada con ladrillo o bloque. Al usar suministros de energía renovables como el sol, la vivienda puede ser ubicada en casi cualquier ambiente y además está provisto con agua caliente sanitaria, indispensable para brindar confort y aseo a su ocupante.
- El uso de agua caliente sanitaria es indispensable para prevenir enfermedades como la psoriasis y proveer confort en el usuario, el equipo implementado fue capaz de elevar la temperatura del agua hasta 45.2 °C en la mañana con radiación promedio de 433.21 W·m⁻² y temperatura ambiente de 13.47 °C. Por otro lado, el agua alcanzó una temperatura mínima de 29.6 °C en la noche cuando la radiación es de 0 W·m⁻² y temperatura ambiente de 9.3 °C. Las condiciones climatológicas influyen directamente en el equipo, es decir, la temperatura del agua alcanzada en el tanque de almacenamiento depende de la radiación y la temperatura ambiente que se

presente en un día determinado, entre más altos sean estos valores, más alta será la temperatura alcanzada en el agua. Al efectuar un promedio de todas las pruebas realizadas, se determinó que el calor medio cedido por la bomba de calor hacia el agua es $80 \text{ W}\cdot\text{h}^{-1}$.

- Después de realizar un análisis comparativo entre la capacidad máxima real brindada por el sistema fotovoltaico ($2.44 \text{ kW}\cdot\text{h}$) y la demanda real requerida por los equipos instalados ($1.5 \text{ kW}\cdot\text{h}$), se puede determinar que existe un factor de seguridad del 62.66 % el cual será usado en caso de condiciones climatológicas desfavorables e interrupciones en el abastecimiento del Sistema Interconectado de Energía Eléctrica; en este caso servirán como respaldo para el funcionamiento de todos los equipos en el interior (luminaria, televisor, video cámaras, sensores y alarmas de seguridad). El equipo es capaz de abastecer una demanda energética requerida por una persona, y genera un ahorro económico mensual de USD 11.50 aproximadamente, evitando también, una emisión de carbono equivalente 0.87 toneladas de CO_2 en un año.

Debido a la falta de información sobre la correcta graduación de paneles solares en la zona, se realizaron mediciones experimentales concluyendo que el ángulo óptimo de inclinación para la ciudad de Tulcán es de 0 grados, ya que con bajas radiaciones se obtiene mayores corrientes de entrada, las cuales pueden variar entre 7.71 y 15.58 A, con radiación promedio de $294.77 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; por otra parte, con 45 grados de inclinación y una radiación promedio de $297.14 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ la corriente mínima y máxima son 7.12 y 12.56 A, respectivamente.

- El uso de un camper como vivienda temporal o permanente provee todos los servicios necesarios. En cuanto al dimensionamiento de los equipos fotovoltaicos se puede afirmar que fue adecuada, ya que si comparamos la capacidad máxima teórica de suministro ($2.88 \text{ kW}\cdot\text{h}$), con la capacidad máxima real de suministro ($2.44 \text{ kW}\cdot\text{h}$), estas tienen valores aproximados,

y son capaces de satisfacer la demanda real de los equipos ($1.5 \text{ kW}\cdot\text{h}$) la cual es mucho menor. La temperatura adecuada para tomar un baño es de 35°C , mientras la temperatura máxima que se logró alcanzar es de 45.2°C , lo cual es ideal, ya que permite que aun después de varias horas después de haber sido calentada el agua, esta siga conservando la temperatura suficiente para su propósito.

- El tiempo de recuperación del capital invertido una vez establecidos el ahorro generado al implementar una vivienda ecológica temporal, los costos que representa y los costos de mantenimiento, se logra recuperar la inversión inicial en un período de tiempo de 4 años 6 meses y 17 días, el tiempo promedio de vida útil de los paneles solares es de 25 años, es decir, se puede aprovechar 20 años aproximadamente de energía limpia y gratis como es la energía obtenida del sol, además de los beneficios económicos y de movilidad que presenta el uso de un camper como vivienda; los valores respectivos del VAN y el TIR son USD 593.41 y 0.12.

RECOMENDACIONES

- Para un adecuado funcionamiento y larga vida útil de los equipos es necesario realizar mantenimiento en todos los componentes del sistema. Para el sistema fotovoltaico se debe lavar con agua y un paño limpio los paneles solares cada tres meses, evitando así la acumulación de polvo, además por recomendación del fabricante la batería será cargada externamente cada seis meses. En el caso de la bomba de calor es necesario verificar cada seis meses que no existan fugas de refrigerante y agua en las conexiones. Adicional a esto se realizará medición y recarga de refrigerante en caso de ser necesario cada cinco años. Para el camper es necesario detectar posibles fallas en pintura para evitar corrosión.
- Los sistemas fotovoltaicos deben ser usados exclusivamente para artefactos eléctricos de bajo consumo como focos, radios y televisores pequeños. Se debe evitar la continua conexión de equipos que tengan un alto consumo, esto puede ocasionar un pronto deterioro de la batería debido a las constantes descargas profundas que estos producen, cabe recalcar que entre más descargas profundas tenga la batería, su tiempo de vida útil será menor. Para evitar daños en componentes electrónicos es necesario que todas las conexiones a tierra sean instaladas adecuadamente.
- Se recomienda al lector sobredimensionar los equipos fotovoltaicos en un 50 % para que estos sean capaces de abastecer un consumo extra en caso de ser necesario, además para la ciudad de Tulcán se recomienda graduar los paneles solares a cero grados para obtener mayor corriente de entrada. En el caso de la bomba de calor se recomienda que el horario de funcionamiento sea entre las 10:30 h y las 15:00 h para aumentar la eficiencia del equipo.

REFERENCIAS

- [1] Banco Interamericano de Desarrollo (BID), «Beneficios para la sociedad de la adopción de fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe,» Biblioteca Felipe Herrera del BID, América Latina y el Caribe, 2014.
- [2] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, «Decreto No. 1048 Se crea el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables,» Quito, 2013.
- [3] Unión Española Fotovoltaica, «Unión Española Fotovoltaica,» noviembre 2016. [En línea]. Available:
https://unef.es/wp-content/uploads/dlm_uploads/2016/08/Informe-Anual-UNEF-2016_El-tiempo-de-la-energia-solar-fotovoltaica.pdf.
- [4] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, «REN21,» 2016. [En línea]. Available:
http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/Press-Release_SPANISH.pdf.
- [5] M. Kutz, *Environmentally Conscious Mechanical Design*, Manhattan: Wiley, 2007.
- [6] D. Milanković, B. Agarski, . M. Ilić y B. Crnobrnja, «Life cycle assessment of an intermodal steel building unit,» *RMZ – M&G*, vol. 60, pp. 67-72, 2013.
- [7] J. Pasquelino, C. Cabrera y M. Vanegas, «Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano,» *Scielo*, vol. 13, nº 1, pp. 68-75, 2015.
- [8] C. Moore, S. Yidirim y S. Baur, «Educational Adaptation of Cargo Container Design Features,» *ASEE*, p. 10, 2015.
- [9] M. Izquierdo, P. Agustín y E. Martín , «A micro photovoltaic-heat pump system for house heating by radiant floor: some experimental results,» *Elsevier*, vol. 48, pp. 865-875, 2014.

- [10] F. Aguilera, S. Aledo y P. Quiles, «Experimental study of the solar photovoltaic contribution for the domestic hot water production with heat pumps in dwellings,» *Elsevier*, vol. 101, pp. 379-389, 2016.
- [11] Y. Zhang, M. Sivakumar, S. Yang, K. Enever y M. Ramezaniapour, «Application of solar energy in water treatment processes: A review,» *Elsevier*, vol. 428, pp. 116-145, 2018.
- [12] J. P. Vargas, P. Yampasi, X. Tirano y A. Patzi , «Implementación de un sistema de calefacción solar térmico: Análisis energético y económico,» *Scielo*, vol. 1, nº 16, pp. 49-60, 2016.
- [13] R. Stropnik y U. Stritih, «Increasing the efficiency of PV panel with the use of PCM,» *Elsevier*, vol. 97, pp. 671-679, 2016.
- [14] J. Nie, Z. Li, X. Kong y D. Li, «Analysis and Comparison Study on Different HFC Refrigerants for Space Heating Air Source Heat Pump in Rural Residential Buildings of North China,» *Elsevier*, vol. 205, pp. 1201-1206, 2017.
- [15] X. Kong, K. Jiang, S. Dong, Y. Li y J. Li, «Control strategy and experimental analysis of a direct-expansion solar-assisted heat pump water heater with R134a,» *Elsevier*, vol. 145, pp. 17-24, 2018.
- [16] L. A. Albert Palacios, «Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos,» de *Introduccion a la toxicologia ambiental*, Metepec, ECO, 1997, pp. 36-41.
- [17] A. Estevez, «Contaminación del aire: más del 80% de la población mundial respira su sentencia de muerte,» Maestrogreen, 2016.
- [18] L. M. Jerry Splegel, «Control de la contaminación ambiental,» 1998. [En línea]. Available:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/55.pdf>.
- [19] M. Bermúdez, «Contaminación y turismo sostenible,» 1 Enero 2010. [En línea]. Available:
<http://galeon.com/mauriciobermudez/contaminacion.pdf>.

- [20] Operativa Medioambiental (Opemed), «La jerarquía del residuo,» NIF: B98634678, Valencia , 2014.
- [21] Comité de buenas prácticas ambientales, «Gestión de los desechos,» *Manual de buenas prácticas ambientales*, p. 11, S.f.
- [22] Tribunal Ambiental Administrativo, «Buenas prácticas para prevenir emisiones atmosféricas,» *Manual de buenas prácticas ambientales en Costa Rica*, p. 25, 2010.
- [23] S. Boza, *Estudio de viabilidad económica*, p. 4, 2015.
- [24] J. M. Edwin Hernández, «Responsabilidad social empresarial,» *Revista de Economía y Administración*, p. 72, 2016.
- [25] A. R. Salvador, «Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles,» *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 104, nº 2, pp. 331-345, 2010.
- [26] Carolina Moya, «Las vidas del container,» Grupo Copesa RUT: 76.170.725-6, Ñuñoa, 2012.
- [27] G. B. Barragán Ordóñez y M. G. Siavichay Alvarado, «Repositorio Institucional Universidad de Cuenca,» 2014. [En línea]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5107>.
- [28] D. Carrera y J. Lahoz, Universidad Politécnica de Catalunya, Septiembre 2014. [En línea]. Available: http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23041/TRABAJO_FINAL_DE_MASTER_10_JAIR_INFANTE.pdf?sequence=7.
- [29] C. V. María, «La cargotectura como herramienta de exploración arquitectónica colectiva,» *Revista de Arquitectura*, vol. 21, nº 31, 2016.
- [30] S. Irarrázaval, «Casa oruga, Santiago, Chile,» *Scielo*, nº 82, pp. 38-43, 2012.
- [31] J. Rivera, «The use of refurbished marine containers as a permanent storage solution for the maritime collection of the H.L. Hunley Submarine,» *Revista del Instituto Americano para la Conservación* , vol. 56, nº 2, pp. 161-168 , 2017.

- [32] Instituto Tecnológico de Canarias S.A, «Energía,» *Energías renovables y eficiencia energética*, p. 14, 2008.
- [33] Departamento de tecnología-I.E.S Antonio González, «Tipos de energía,» *La energía*, p. 2, S.f.
- [34] A. H. Montes, «Resistencia eléctrica,» *Circuitos eléctricos*, p. 3, S.f.
- [35] L. Floyd, «Voltaje, corriente y resistencia en un circuito eléctrico,» de *Principios de circuitos eléctricos*, México, Pearson Educación, 2007, pp. 23-25, 97-99.
- [36] Organismo Internacional de Energía Atómica, «La demanda de energía,» *Boletín 19*, p. 21, 1977.
- [37] O. Perpiñán, Energía solar fotovoltaica, Creative Commons, 2015.
- [38] J. M. López, «Energía solar térmica,» IDEA, Madrid , 2006.
- [39] Pontificia Universidad Católica de Chile, «Estado del arte y perspectivas de la tecnología CSP y de sistemas de almacenamiento en baterías,» 2017. [En línea]. Available: http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno17/csp/Principios_funcionamiento.html.
- [40] P. G. Vasconcelos Sampaio y M. O. Aguirre González, «Photovoltaic solar energy: Conceptual framework,» *Elsevier*, vol. 74, p. 590–601, 2017.
- [41] Magren S.A.S, 2015. [En línea]. Available: <http://www.magrensas.com/energia-solar-fotovoltaica/>.
- [42] A. Guruprasad, L. Lingkun, H. Xiang y F. Guiyin, «Thermal energy storage materials and systems for solar energy applications,» *Elsevier*, vol. 68, nº 1, pp. 693-706, 2017.
- [43] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones, Energía solar fotovoltaica, Almagro: Infomara S.A., 2007.
- [44] H. Poggi-, A. Martínez y J. Pineda, Tecnologías solar-eólica-hidrógeno-pilas de combustible como fuentes de energía, México: Ecatepec, 2009.
- [45] M. Souliotis, N. Arnaoutakis, G. Panaras, A. Kavga y S. Papaefthimiou, «Experimental study and life cycle assessment (LCA) of Hybrid

- Photovoltaic/Thermal (PV/T) solar systems for domestic applications,» *Elsevier*, vol. 126, pp. 708-723, 2018.
- [46] Autosolar, «Autosolar,» 2016. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/paneles-solares/paneles-solares-policristalinos>.
- [47] Gestión de residuos peligrosos en Chile Proyecto CONAMA / GTZ, «Guía técnica sobre manejo de baterías de plomo ácido usadas,» Santiago, 2014.
- [48] Sonnenkraft, «Energía solar para agua caliente y calefacción,» Madrid, 2013.
- [49] F. Santoni, F. Piergentili, P. Candini y M. Perelli, «An orientable solar panel system for nanospacecraft,» *Elsevier*, vol. 201, pp. 120-128, 2014.
- [50] B. Parida, S. Iniyar y R. Goic, «A review of solar photovoltaic technologies,» *Elsevier*, vol. 15, nº 3, pp. 1625-1636, 2011.
- [51] N. Manoj, A. Kumar y V. Kumar, «Fossil Fuel to Solar Power: A Sustainable Technical Design for Street Lighting in Fugar City, Nigeria,» *Elsevier*, vol. 93, pp. 956-966, 2016.
- [52] S. Mekhilef, R. Saidur y A. Safari, «Review on solar energy use in industries,» *Elsevier*, vol. 15, pp. 1777-1790, 2011.
- [53] The world energy conference, London UK, Energy terminology, Tokyo: Headington Hill Hall, 2011.
- [54] F. B. Gorozabel Chata y T. Carbonell Morales, «Actualidad y perspectivas de una bomba de calor de expansión directa con energía solar,» *Scielo*, vol. 19, nº 1, 2016.
- [55] Y. Cengel y M. Boles, Termodinámica, México: Mc Graw Hill, 2003.
- [56] Grupo cambio energético, «Grupo cambio energético,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.cambioenergetico.com/14-energia-solar-termodinamica>.
- [57] G. Hundy, A. Trott y T. Welch, Refrigeration, air conditioning and heat pumps, Kidlington: Butterworth-Heinemann, 2015.

- [58] W. Fouad y L. Vega, «Transport properties of HFC and HFO based refrigerants using an excess entropy scaling approach,» *Elsevier*, vol. 131, pp. 106-116, 2017.
- [59] B. Gil y J. Kasperski, «Efficiency analysis of alternative refrigerants for ejector cooling cycles,» *Elsevier*, vol. 94, pp. 12-18, 2015.
- [60] TRNSYS, [En línea]. Available: <http://www.trnsys.com/>.
- [61] R. Garza y . C. González, «Apply multicriteria methods for critical alternative selection,» *Dyna*, vol. 81, nº 188, pp. 125-130, 2014.
- [62] H. Domínguez, «Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en eL Cobaev 35 Xalapa,» 22 11 2012. [En línea]. Available:
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31561/1/dominguezgonzalezhector.pdf>.
- [63] L. Fialho, R. Melicio, V. Mendes, J. Figueiredo y M. Collares-Pereira, «Effect of Shading on Series Solar Modules: Simulation and Experimental Results,» *Elsevier*, vol. 17, p. 295 – 302 , 2014.
- [64] S. RoozbehNabavi, F. Haase y E. Jansen, «Monte-Carlo simulation of the cofiring process in polycrystalline silicon solar cells: Effects of material heterogeneity and thickness uncertainties,» *Elsevier*, vol. 170, pp. 263-277, 2017.
- [65] Energy Informative, «Best Thin Film Solar Panels – Amorphous, Cadmium Telluride or CIGS?,» [En línea]. Available: <http://energyinformative.org/best-thin-film-solar-panels-amorphous-cadmium-telluride-cigs/>.
- [66] S. Chaturvedi , D. Chen y A. Kheireddine , «Thermal performance of a variable capacity direct expansion solar-assisted heat pump,» *Elsevier*, vol. 39, pp. 191-191, 1997.
- [67] W. Wu, T. You, J. Wang, B. Wang, W. Shi y X. Li, «A novel internally hybrid absorption-compression heat pump for performance improvement,» *Elsevier*, vol. 168, pp. 237-251, 2018.

- [68] LEONICS Company Limited, «How to Design Solar PV System,» 2013. [En línea]. Available: http://www.leonics.com/support/article2_12j/articles2_12j_en.php.
- [69] Felicitysolar, «Felicity Solar,» Guangzhou Felicity Solar Technology Co., Ltd, [En línea]. Available: <http://www.felicitysolar.com/index.php>. [Último acceso: 2017].
- [70] Meteotest Genossenschaft, «Meteonorm Global Metereological Database for Engineers, Planners and Education,» Switzerland, 2017.
- [71] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, «Promedio diario multianual de irradiancia Ecuador,» Quito, 2010.
- [72] G. V. Edgar Cabrera, «Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura,» Quito , 2012.
- [73] M. P. Aparicio, Energía solar fotovoltaica Cálculo de una instalación aislada, Marcombo , 2010.
- [74] U. Energy, "Energy Gov. Estimating Appliance and Home Electronic Energy Use," 2016. [Online]. Available: <https://energy.gov/energysaver/estimating-appliance-and-home-electronic-energy-use>.
- [75] Ministerio de electricidad y energía renovable, «Calcular consumo, Centrosur,» Gobierno Ecuatoriano, 2015. [En línea]. Available: <http://www.centrosur.gob.ec/calcular-consumo#>.
- [76] Organismo supervisor de la inversión en energía y minería del Perú, «Osinerghmin Electricidad,» 10 Junio 2015. [En línea]. Available: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiPkZqc_PjWAhXEZCYKHfo4BA0QFghHMAU&url=https%3A%2F%2Fwww.osinerghmin.gob.pe%2Fseccion%2Fcentro_documental%2FFolleteria%2F16-Electricidad.pdf&usg=AOvVaw317IW_ac2Jky3.
- [77] Pacific power association (PPA), «Solar PV Design Implementation O&M,» 11 Abril 2008. [En línea]. Available: <http://slideplayer.com/slide/1718629/>.

- [78] Q. Wang, W. Lui, X. Yuan, H. Tang y Y. Tang, «Environmental impact analysis and process optimization of batteries based on life cycle assessment,» *Elsevier*, vol. 174, pp. 1262-1273, 2018.
- [79] W. Holguín Castaño, O. Herrera Gutiérrez y J. Mora Delgado, «La comprensión de los circuitos electrónicos a partir del método investigativo: una experiencia de aprendizaje con estudiantes de secundaria,» *Perspectivas Educativas*, vol. 6, pp. 77-93, 2013.
- [80] X. Kong, Y. Li, L. Lin y Y. Yang, «Modeling evaluation of a direct-expansion solar-assisted heat pump water heater using R410A,» *Elsevier*, vol. 26, pp. 136-146, 2017.
- [81] M. Mohanraj, Y. Belyayev, S. Jayaraj y A. Kaltayev, «Research and developments on solar assisted compression heat pump systems – A comprehensive review (Part A: Modeling and modifications),» *Elsevier*, vol. 83, pp. 90-123, 2018.
- [82] E. Mohamed, S. Riffat y S. Omer, «Low-temperature solar-plate-assisted heat pump: A developed design for domestic applications in cold climate,» *Elsevier*, vol. 81, pp. 134-150, 2017.
- [83] E. Bellos y C. Tzivanidis, «Optimization of a Solar-Driven Trigenation System with Nanofluid-Based Parabolic Trough Collectors,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 174, pp. 256-272, 2017.
- [84] S. Kalogirou, *Solar Energy Engineering Processes and Systems*, Estados Unidos: Elsevier, 2014.
- [85] L. Paradeshi, M. Srinivas y S. Jayaraj, «Parametric Studies of a Simple Direct Expansion Solar Assisted Heat Pump Operating in a Hot and Humid Environment,» *Elsevier*, vol. 90, pp. 635-644, 2016.
- [86] J. Cai, J. Ji, Y. Wang y W. Huang, «Numerical simulation and experimental validation of indirect expansion solar-assisted multi-functional heat pump,» *Elsevier*, vol. 93, pp. 280-290, 2016.
- [87] Z. Wang, P. Guo, H. Zhang, W. Yang y S. Mei, «Comprehensive review on the development of SAHP for domestic hot water,» *Elsevier*, vol. 72, pp. 871-881, 2017.

- [88] S. Chaturvedi, V. Gagrani y T. Abdel-Salam, «Solar-assisted heat pump – A sustainable system for low-temperature water heating applications,» *Elsevier*, vol. 77, pp. 550-557, 2014.
- [89] 3D Warehouse, «3D Warehouse,» 2017. [En línea]. Available: <https://3dwarehouse.sketchup.com/>.
- [90] J. A. González , «La puna de Atacama y sus poblados, como frontera cultural de larga duración entre Chile y argentina. Síntesis de relaciones científicas,» *Universidad Católica del Norte*, n° 1, pp. 101-133, 2013.
- [91] Atlas Global Solar, «Global Solar Atlas,» 2018. [En línea]. Available: <http://globalsolaratlas.info/?c=-27.330295,-66.546936,8&s=-27.362087,-69.065552>.
- [92] L. Haro y J. Oscullo, «Factor Anual de Emisión de CO₂ Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador, Mediante la Aplicación de la Metodología de la Convención Marco Sobre el Cambio Climático UNFCCC, para el Periodo 2009-2014,» *Operador Nacional de Electricidad CENACE*, vol. 37, n° 1, 2016.
- [93] R. Parra, «Factor de emisión de CO₂ debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001 - 2014,» *Avances en Ciencias e Ingenierías*, vol. 7, n° 2, pp. C80-C85, 2015.
- [94] S. Marabolí, «Superintendencia de Servicios Sanitarios,» [En línea]. Available: http://www.siss.gob.cl/577/articles-9103_recurso_1.pdf.
- [95] C. Samaniego, O. Álvarez y J. Maldonado, «Emisiones provocadas por combustión de GLP a partir de calefones en la ciudad de Loja y su posible relación con enfermedades respiratorias agudas (ERA's),» *Cedamaz*, n° 6, pp. 60-67, 2016.
- [96] EMAPA-T, «EMAPA-T,» 2018. [En línea]. Available: <http://epmapatulcan.ec/>.
- [97] EMELNORTE, «EMELNORTE,» 2016. [En línea]. Available: http://www.emelnorte.com/eern01/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=46&Itemid=62.

- [98] L. Armijos Robles, «Impacto económico del cambio de subsidio del gas doméstico por el de energía eléctrica en la parroquia de Sangolquí,» *Quialitas*, vol. 10, pp. 40-63, 2015.
- [99] F. Song, Z. Wen, Z. Dong, E. Wang y X. Liu, «Ultra-low calorific gas combustion in a gradually-varied porous burner with annular heat recirculation,» *Elsevier*, vol. 119, pp. 497-503, 2017.
- [100] Banco Central del Ecuador, «Banco Central del Ecuador,» 2018. [En línea]. Available:
https://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion.
- [101] M. R. Mete, «Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión,» *Scielo*, vol. 7, nº 7, pp. 67-85, 2014.
- [102] Satheesh Krishnamurthy OPEN University UK , «Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos,» [En línea]. Available:
http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es10/Chapter_10_ES.pdf
- [103] Energy informative, [En línea]. Available:
<http://energyinformative.org/best-thin-film-solar-panels-amorphous-cadmium-telluride-cigs/>.
- [104] Energías renovables, «energiasrenovablesinfo.com,» Noviembre 2014. [En línea]. Available:
<http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>.
- [105] P. d. D. Ángeles, «La vivienda como bien preferente,» Madrid, 2014.
- [106] W. S. Council, «World Shipping Council,» 2015. [En línea]. Available:
<http://www.worldshipping.org/about-the-industry/containers/global-container-fleet>.
- [107] Y. Li y D. Jing, «Investigation of the performance of photovoltaic/thermal system by a coupled TRNSYS and CFD simulation,» *Elsevier*, vol. 143, pp. 100-112, 2016.

- [108] Energías Renovables, «energiasrenovablesinfo.com,» Noviembre 2014.
[En línea]. Available:
<http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>.
- [109] Jinan Retek Industries INC., «Solar hermetic state thermal utilization system,» 2017. [En línea]. Available: <https://jrettek.en.alibaba.com/>.
- [110] F. Incropera y D. Dewitt, Fundamentos de transferencia de calor, Pearson Educación, 1999.
- [111] L. Puente , E. Echegarray, E. Castro y K. Di Scala, «Aplicación de modelos matemáticos al proceso de secado asistido por infrarrojos de descartes de limón (citrus limon (l.) burm. f. cv. genova),» *Dyna*, vol. 80, N° 181, p. 4, 2013.

ANEXOS

Anexo 1 Carga de la batería con paneles solares

Fecha	Hora (h)	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Radiación promedio ($W \cdot m^{-2}$)
18 de mayo de 2018	8:00	4	10.3	350.8
	18:30	38	11.2	
19 de mayo de 2018	8:00	37	11.2	326.6
	18:30	77	12.8	
20 de mayo de 2018	8:00	74	12.7	384.1
	18:30	99	13.7	

Anexo 2 Carga de la batería con equipo externo

Fecha	Hora (h)	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)
16 de mayo de 2018	20:30	1	10.5
17 de mayo de 2018	11:30	100	14.2

Anexo 3 Descarga de la batería con consumo de 150 W y 330 W

Prueba de descarga total #1			Prueba de descarga total #2		
Nota: El ensayo se realizó sin entrada de corriente y con un consumo constante de 150 watts			Nota: El ensayo se realizó sin entrada de corriente y con un consumo constante de 330 watts		
Graduación: Inclinación 0° - Dirección 0° Sur			Graduación: Inclinación 0° - Dirección 0° Sur		
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)
6:00 h	100	13	11:40 h	100	13.1
6:20 h	99	12.9	12:00 h	96	12.6
6:40 h	97	12.9	12:20 h	92	12.4
7:00 h	95	12.8	12:40 h	87	12.1
7:20 h	94	12.8	13:00 h	83	12.1
7:40 h	91	12.8	13:20 h	80	12
8:00 h	90	12.6	13:40 h	78	12
8:20 h	87	12.7	14:00 h	74	11.9
8:40 h	86	12.7	14:20 h	70	11.9
9:00 h	84	12.5	14:40 h	67	11.6
9:20 h	81	12.5	15:00 h	65	11.6
9:40 h	80	12.5	15:20 h	61	11.4
10:00 h	77	12.3	15:40 h	56	11.3
10:20 h	75	12.2	16:00 h	54	11.3

10:40 h	73	12.2	16:20 h	50	11.1
11:00 h	72	12.2	16:40 h	46	11
11:20 h	70	12.2	17:00 h	43	11
11:40 h	68	12.2	17:20 h	38	11
12:00 h	64	12.1	17:40 h	35	11.1
12:20 h	62	12.1	18:00 h	30	10.9
12:40 h	59	12.1	18:20 h	26	10.9
13:00 h	57	12.1	18:40 h	22	10.8
13:20 h	54	12	19:00 h	16	10.8
13:40 h	51	12	19:20 h	13	10.9
14:00 h	48	12.1	19:35 h	6	10.5
14:20 h	49	12	Después de las 17:35 h el equipo se apagó automáticamente		
14:40 h	46	12	Tiempo total de descarga: 6 horas 55 minutos		
15:00 h	44	11.9	Consumo total: 6.91666 h (330 W) = 2282.48 W·h		
15:20 h	41	11.9			
15:40 h	39	11.8			
16:00 h	37	11.7			
16:20 h	36	11.7			
16:40 h	33	11.7			
17:00 h	32	11.7			
17:20 h	29	11.7			
17:40 h	27	11.4			
18:00 h	24	11.4			
18:20 h	22	11.5			
18:40 h	20	11.4			
19:00 h	17	11.3			
19:20 h	15	11.1			
19:40 h	12	11			
20:00 h	5	10.9			
20:17 h	1	10.7			

Después de las 20:17 h el equipo se apagó automáticamente

Tiempo total de descarga: 16 horas 17 minutos

Consumo total: 16.28333 h(150 W) = **2442.499 W·h**

Anexo 4 Inclinación de los paneles solares – Prueba 1

Graduación: Inclinación 0° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	11.4	0	0	6.4	6,00	0	563.2	8.1
6:40 h	99	11.4	0.33	0.35	6.5	6.5	0	563.2	78.6
7:00 h	99	11.5	0.63	0.61	6.8	6.8	0	563,00	120.3
7:20 h	99	11.5	2	2.2	7.3	7.6	0	562.1	133.4
7:40 h	99	11.8	3.6	3.7	11	10	0	562	145
8:00 h	99	12.3	6.6	6.6	13.3	10.5	0	562.1	158.4
8:20 h	99	12.1	6.1	6.1	13.2	11.8	0	561.7	156.3
8:40 h	99	11.9	8.1	8.1	12.5	12	0	562.5	198
9:00 h	99	11.8	12.5	12.4	12.3	12.5	0	562.9	274.8
9:20 h	99	12,00	12.8	12.6	12.6	13.6	1.1	562.5	296.3
9:40 h	99	12.3	16.3	13.3	13	14.4	3.3	561.9	641.2
10:00 h	99	12	12.1	12.1	13.5	15.1	1.1	561.3	316.7
10:20 h	99	11.8	5.2	5.2	14	14.9	0	560.5	153.6
10:40 h	99	12.2	22.2	22.2	14.2	14.3	1.1	560.1	478.2
11:00 h	99	12.6	33.2	34.2	14.8	15.3	2.2	559.2	831.5
11:20 h	99	12.6	18	18.4	15.3	16.3	1.1	558.6	673.6
11:40 h	99	13.1	36.6	36.8	15.9	16.7	3.3	557.6	741.1
12:00 h	99	12.9	38.6	37.6	16.3	16.4	1.1	557	594.7
12:20 h	99	12.6	19.5	23.5	16.7	15.8	1.1	556.4	746.5
12:40 h	99	12.2	10.9	10.9	17	15.9	3.3	555.6	275.9
13:00 h	99	12.1	11.1	11.1	17	16.1	4.4	555.1	274
13:20 h	99	12.5	18.7	18.2	17.6	15.9	3.2	554.6	687.6

Anexo 4 Inclinación de los paneles solares – Prueba 1 (Continuación)

Graduación: Inclinación 0° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	12.5	17.7	18.2	17.9	16.7	3.6	554	524.3
14:00 h	99	12.2	12.4	11.6	18.1	16.9	3.3	553.6	254.4
14:20 h	99	12	6.2	6.1	18.2	15.6	3.3	553.5	149.1
14:40 h	99	12	6.8	6.9	18.2	14.9	5.2	553.3	350.2
15:00 h	99	1.5	24.6	23.5	18.2	14.7	6	553.2	426.5
15:20 h	99	12.1	10.9	11	18.3	14.9	1.1	553.1	257.6
15:40 h	99	12.1	14	14.1	18.5	15	3.3	553.1	337.6
16:00 h	99	12.2	16.2	15.3	18.6	15	3.3	552.9	327.8
16:20 h	99	11.9	6.4	6	18.6	15.6	2.2	552.8	112.9
16:40 h	99	11.8	3	3.1	18.6	14.6	1.1	553	86.44
17:00 h	99	11.7	2.8	2.8	18.6	14.2	1.1	553	79.67
17:20 h	99	11.6	1.5	1.5	18.4	13.4	0	553.5	43.6
17:40 h	99	11.6	0.9	6.9	18.4	13.2	0	553.7	27.48
18:00 h	99	11.6	0.2	0.2	18	12.6	0	554,00	4.91
18:20 h	99	11.5	0	0	17.8	11.8	0	554.6	1.1

Anexo 5 Inclinación de los paneles solares – Prueba 2

Graduación: Inclinación 0° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
6:20 h	99	11.4	0	0	6.4	6	0	569.3	27.1
6:40 h	99	11.4	0.54	0.55	6.6	6.5	0	569.6	179.8
7:00 h	99	11.5	0.6	0.61	6.8	6.5	0	569.7	253.6
7:20 h	99	11.5	0.9	0.9	6.9	7.8	0	569.8	384.3
7:40 h	99	11.5	11.9	11.9	7	9.9	0	569.4	439.2
8:00 h	99	12.5	14.1	14.1	7.3	11.5	0	569	471.9
8:20 h	99	12.7	16.5	16.5	8	12.5	0	568.2	514
8:40 h	99	12.8	19.9	19.9	8.9	14.9	2.2	567.2	560.3
9:00 h	99	12.5	8.8	8.8	9.5	14	1.1	566.4	241
9:20 h	99	12.6	10.9	10.9	10	12.6	0	565.9	268.8
9:40 h	99	12.7	13.1	13.1	10.6	13.5	1.1	565.2	333.9
10:00 h	99	12.8	14.2	14.2	11	14	2.2	564.5	336.6
10:20 h	99	12.9	16.8	16.8	11.6	14.2	2.2	563.7	407.5
10:40 h	99	12.9	14.7	14.7	12.1	14.3	2.2	563.1	353.1
11:00 h	99	13.3	24.6	25.9	12.7	14.6	3.3	562.2	523.3
11:20 h	99	13.2	20.7	20.6	13.3	15.5	2.2	561	535.6
11:40 h	99	13.2	19.4	19.4	13.9	15.7	2.2	560.2	465.7
12:00 h	99	13.2	18.3	18.1	14.5	15.6	1.1	559.5	384.9
12:20 h	99	13.6	21.6	21.8	15.2	16.2	3.3	558.3	573.6
12:40 h	99	14	30.9	31.1	15.5	16.3	1.1	557.7	737.4
13:00 h	99	13.2	14.7	14.4	16	16.5	0	557.1	500.4
13:20 h	99	13	12	12.3	16.5	17.3	1.1	556	306.4

Anexo 5 Inclinación de los paneles solares – Prueba 2 (continuación)

Graduación: Inclinación 0° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.3	30.2	30.2	16.8	17.1	1.1	555.5	697.8
14:00 h	99	12.8	7.4	7.4	17.2	16.9	3.3	555	187.6
14:20 h	99	13.9	24.1	0.1	17.5	16.5	5.5	554.4	479.9
14:40 h	99	13.8	25.4	25.4	17.7	17	4.4	554.1	542.1
15:00 h	99	13.1	13.9	13.9	17.9	17.3	2.2	553.8	473.7
15:20 h	99	13.8	21.4	21.4	18.1	16.8	3.3	553.3	340.2
15:40 h	99	12.9	8.1	8.1	18.3	17.1	0	552.9	207.8
16:00 h	99	12.8	4.6	4.6	18.4	16.7	2.2	552.7	118.5
16:20 h	99	12.5	4.8	4.8	18.3	15.9	2.2	552.9	126.5
16:40 h	99	12.5	3.6	3.6	18.2	15.4	5.5	553.1	102.5
17:00 h	99	12.4	2.7	2.7	18.1	14.8	3.3	553.2	80.66
17:20 h	99	12.4	1.9	1.9	18	14.3	1.1	553.6	55.3
17:40 h	99	12.3	0.2	0.2	17.8	13.7	1.1	554.1	8.908
18:00 h	99	12.3	0.1	0.1	17.6	13.3	1.1	554.4	2.908
18:20 h	99	12.2	0	0	17.5	12.8	0	554.7	0

Anexo 6 Inclinación de los paneles solares – Prueba 3

Graduación: Inclinación 0° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	11.8	0	0	6.40	6	0	563.2	0
6:40 h	99	11.6	0.33	0.35	6.50	6.50	0	563.2	16.9
7:00 h	99	11.4	1.2	0.61	6.80	6.80	0	563	120.3
7:20 h	99	11.5	2.00	2.2	7.30	7.60	0	562.1	133.4
7:40 h	99	11.9	3.6	3.7	11.00	10.00	0	562	145
8:00 h	99	12.5	6.6	6.6	13.30	10.50	0	562.1	158.4
8:20 h	99	12	6.1	6.1	13.20	11.80	0	561.7	156.33
8:40 h	99	11.8	8.1	8.1	12.50	12.00	0	562.5	198
9:00 h	99	11.6	12.4	12.4	12.38	12.58	0	562.9	274.8
9:20 h	99	11.8	12.6	12.6	12.68	13.68	1.1	562.5	296.3
9:40 h	99	12	13.3	13.3	13.08	14.47	3.3	561.9	638.1
10:00 h	99	12	12.1	12.1	13.58	15.17	1.1	561.3	334.7
10:20 h	99	12.3	5.2	5.2	14.76	14.98	0	560.5	336.4
10:40 h	99	12.3	22.2	22.2	14.28	14.38	1.1	560.1	410.3
11:00 h	99	12.5	23.2	24.2	14.88	15.37	2.2	559.2	829.1
11:20 h	99	12.5	18	18.4	15.30	16.30	1.1	558.6	674.3
11:40 h	99	12.6	36.6	36.8	16.97	16.77	3.3	557.6	743.6
12:00 h	99	12.7	38.6	37.6	16.37	16.47	1.1	557	300.1
12:20 h	99	12.9	19.4	19.6	16.77	15.87	1.1	556.4	753.4
12:40 h	99	13	10.9	10.9	17.69	15.97	3.3	555.6	263.1
13:00 h	99	13	11.1	11.1	17.37	16.17	4.4	555.1	271.4
13:20 h	99	13.1	18.7	18.2	17.67	15.97	3.2	554.6	679.4

Anexo 6 Inclinación de los paneles solares – Prueba 3 (continuación)

Graduación: Inclinación 0° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	12.9	17.7	18.2	17.97	16.77	3.6	554,00	523.1
14:00 h	99	13,00	12.4	11.6	18.1	16.9	3.3	553.6	250.3
14:20 h	99	13.1	6.2	6.1	18.2	15.6	3.3	553.5	148.1
14:40 h	99	13.2	6.8	6.9	18.2	14.9	5.2	553.3	348.3
15:00 h	99	13.3	24.6	23.5	18.2	14.7	6	553.2	421.1
15:20 h	99	12.1	10.9	11,00	18.36	14.97	1.1	553.1	264.1
15:40 h	99	12.1	14	14.1	18.56	15.73	3.3	553.1	321.3
16:00 h	99	12.2	16.2	15.3	18.6	15.7	3.3	552.9	327.8
16:20 h	99	11.9	6.4	6	18.6	15.6	2.2	552.8	110.4
16:40 h	99	11.8	3	3.1	18.6	14.6	1.1	553,00	87.2
17:00 h	99	11.7	2.8	2.8	18.6	14.2	1.1	553,00	76.4
17:20 h	99	11.6	1.5	1.5	18.4	13.4	0	553.5	42.8
17:40 h	99	11.6	0.9	0.9	18.4	13.2	0	553.7	16.8
18:00 h	99	11.6	0	0	18,00	12.6	0	554	0
18:20 h	99	11.5	0	0	17.8	11.8	0	554.6	0

Anexo 7 Inclinación de los paneles solares – Prueba 4

Graduación: Inclinación 0° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	12	0.3	0.29	9.5	6	0	563.2	6.4
6:40 h	99	12	1.4	1.41	10	6.5	0	563.2	78.6
7:00 h	99	12.5	2.4	2.4	11.3	9.6	0	564	62.21
7:20 h	99	12.6	3.1	3.1	11.2	9.9	0	564	83.29
7:40 h	99	12.6	3.2	3.2	11.2	10.4	0	564.3	89
8:00 h	99	12.7	4.8	4.8	11.2	10.6	0	564.4	103.6
8:20 h	99	12.8	6.4	6.4	11.3	10.7	0	564.3	142.5
8:40 h	99	13	6.9	6.9	11.5	12.2	0	564.2	184.7
9:00 h	99	13.3	11.7	11.8	11.8	13.3	1	563.9	311
9:20 h	99	13.4	10.7	10.7	12	13.7	0	563.5	265.6
9:40 h	99	13.3	7.7	7.8	12.3	14	0	563	196.6
10:00 h	99	13.4	11.9	11.9	12.8	13.4	1	562.5	285.4
10:20 h	99	13.3	9.4	9.4	13	13.4	0	562.2	218.1
10:40 h	99	14.1	12.5	12.4	13.4	12.5	1	561.7	282.1
11:00 h	99	14.9	14.2	14.2	13.6	13.2	0	561.3	303.6
11:20 h	99	13.8	12	12	13.8	13.6	0	561.1	284.8
11:40 h	99	14.1	12.9	12.9	13.8	13.5	1	561	313.8
12:00 h	99	14.9	14.9	14.1	14	13.9	3.3	560.6	498.1
12:20 h	99	14.1	12.9	12.9	14.2	14.2	2.2	560.2	302.2
12:40 h	99	14.5	12.8	12.9	14.4	14	1.1	560	300
13:00 h	99	14.9	12.8	13.6	14.6	13.3	1.1	559.5	296.9
13:20 h	99	14.9	11.7	13.3	14.8	13.7	2.2	55.1	457

Anexo 7 Inclinación de los paneles solares – Prueba 4 (continuación)

Graduación: Inclinación 0° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.9	12.4	12.4	14.9	14.6	1.1	558.6	416.4
14:00 h	99	14.9	11.5	12.6	15	14.9	2.2	558.4	347.5
14:20 h	99	13.4	7.2	7.2	15.2	14.8	1.1	558	198.4
14:40 h	99	13.8	8.7	8.6	15.5	14.3	2.2	557.4	300.8
15:00 h	99	13.8	8.3	8.3	15.5	14.2	1.1	557.4	220.1
15:20 h	99	13.3	5.7	5.7	15.6	13.9	4.1	557.3	147.5
15:40 h	99	13.8	4.1	4.1	15.6	12.1	1.1	557.1	144.9
16:00 h	99	12	9	9	15.5	12	0	557.1	140.9
16:20 h	99	12	6.3	6.4	15.7	13.2	3.3	557.2	132.3
16:40 h	99	11.8	1.7	1.7	15.6	13.1	2.2	557.5	53.53
17:00 h	99	11.6	0	0	15.5	12.8	1.1	557.7	71.41
17:20 h	99	11.1	0	0	12.7	11.6	0	557.6	0
17:40 h	99	11.4	0	0	13	11.7	0	557.8	0
18:00 h	99	11.5	0	0	13.1	12	0	557.1	0
18:20 h	99	11.5	0	0	13	12.1	0	557	0

Anexo 8 Inclinación de los paneles solares – Prueba 5

Graduación: Inclinación 5° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
6:20 h	99	11.7	0.1	0.12	8	8	0	563.2	8.1
6:40 h	99	11.6	0.33	0.35	9.6	9.6	0	563.2	77.3
7:00 h	99	11.9	0.6	0.61	11	9.8	0	564	28.94
7:20 h	99	12	0.9	0.9	11	9.9	0	564.1	55.47
7:40 h	99	12.1	11.9	11.9	11	10.2	0	564.2	88.67
8:00 h	99	12.4	14.1	14.1	11.1	11.1	0	564.2	273.7
8:20 h	99	12.7	16.5	16.5	11.1	11.8	1.1	564.2	381.9
8:40 h	99	12.9	19.9	19.9	11.3	12.2	4.4	564.1	408.8
9:00 h	99	13	8.8	8.8	11.6	12.6	3.3	563.7	444.3
9:20 h	99	13.2	10.9	10.9	12.2	12.9	1.1	562.9	440.2
9:40 h	99	13.4	13.1	13.1	12.7	13.6	4.4	562.2	493.9
10:00 h	99	13.1	14.2	14.2	12.7	13.6	4.5	562.1	396.1
10:20 h	99	13	16.8	16.8	13.5	13.4	3.3	561.1	271.1
10:40 h	99	13.2	14.7	14.7	13.6	13.8	3.5	560	330
11:00 h	99	13.3	24.6	25.9	14.5	14.1	4.4	559.6	436.6
11:20 h	99	13.2	20.7	20.6	14.9	14.5	4.4	557.2	346.7
11:40 h	99	13.5	19.4	19.4	15.2	14.5	6.7	558.2	401.6
12:00 h	99	13.5	18.3	18.1	15.3	14.6	0	558.4	407.8
12:20 h	99	13.6	21.6	21.8	15.7	14.6	4.4	557.9	406.9
12:40 h	99	13.7	30.9	31.1	15.7	14.6	1.1	557.7	418.5
13:00 h	99	13.9	14.7	14.4	16	15.4	4.4	557	456.3
13:20 h	99	14.3	12	12.3	16.3	16	4.4	556.5	491

Anexo 8 Inclinación de los paneles solares – Prueba 5 (continuación)

Graduación: Inclinación 5° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14	30.2	30.2	16.5	16.1	5.5	555.9	338.6
14:00 h	99	14.8	7.4	7.4	16.9	15.8s	5.5	553.3	235.5
14:20 h	99	14.9	24.1	0.1	17	a15s.5	4.4	555	298.2
14:40 h	99	15	25.4	25.4	17.2	15.6	3.3	554.7	518
15:00 h	99	15	13.9	13.9	17.3	16	3.3	554.3	326.4
15:20 h	99	15	21.4	21.4	17.5	16.1	6.7	554.2	295.7
15:40 h	99	13.6	8.1	8.1	17.6	15.3	3.3	554	167.9
16:00 h	99	14.9	4.6	4.6	17.6	15.1	2.2	553.9	156.3
16:20 h	99	13.8	4.8	4.8	17.6	15.5	5.5	553.8	131.8
16:40 h	99	13	3.6	3.6	17.5	14.9	6.7	554	66.07
17:00 h	99	14.4	2.7	2.7	17.2	14.2	3.3	554.3	48.18
17:20 h	99	12.8	1.9	1.9	17.1	13.9	3.3	554..5	39.43
17:40 h	99	12.7	0.2	0.2	16.5	12.2	0	556.2	32.16
18:00 h	99	12.6	0.1	0.1	16.4	12.1	0	556.1	0
18:20 h	99	12.5	0	0	16.3	12	0	556	0

Anexo 9 Inclinación de los paneles solares – Prueba 6

Graduación: Inclinación 5° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	13.1	0	0	19	10.5	0	564.1	0
6:40 h	99	13.1	0	0	19.1	10.8	0	564	0
7:00 h	99	13.1	1.9	2	19.1	11	1.1	563.9	28.1
7:20 h	99	13.1	3.3	3.4	19.2	11.2	1.1	563.9	79.4
7:40 h	99	13.1	7.1	7	19.4	11.8	3.3	563.7	116
8:00 h	99	13.2	13.5	13.4	19.1	12.1	3.3	563.5	223.4
8:20 h	99	13.2	16	16.2	19.6	13.2	0	563.3	297.2
8:40 h	99	13.2	17.5	17.5	19.7	13.5	1.1	563.3	319.9
9:00 h	99	13.3	19.7	19.9	19.7	13.7	3.3	563.2	512.7
9:20 h	99	13.5	18	26.6	12.2	14.2	3.9	562.4	481.3
9:40 h	99	13	6.9	6.9	12.7	14.5	3.4	561.9	186.9
10:00 h	99	13	8.1	8.2	13.1	13.9	5	561.3	219.1
10:20 h	99	13.3	10.8	10.5	13.6	13.7	3.3	560.8	237.7
10:40 h	99	14.2	26	21.7	14	13.8	4.3	60.3	695.6
11:00 h	99	13.4	11.9	12	14.5	14.4	4.1	559.8	304.2
11:20 h	99	14.7	21.6	19.9	14.7	14.2	3	559.3	427.2
11:40 h	99	13.6	12.3	12.5	15.4	14.5	1.3	558.3	311.1
12:00 h	99	14.1	14.2	14.4	15.4	14.5	3.4	558.2	361.1
12:20 h	99	14.7	12.4	12.4	13.5	14.8	3.2	557.8	339.9
12:40 h	99	14.6	10.3	12.1	15.8	14.7	3.6	557.6	435.1
13:00 h	99	14.6	9.3	10.9	16	14.6	1.1	557.1	399.9
13:20 h	99	14.6	7.9	8.5	16.2	15	4.4	556.7	372.4

Anexo 9 Inclinación de los paneles solares – Prueba 6 (continuación)

Graduación: Inclinación 5° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.5	6.6	8.4	16.4	14.5	5.3	556.3	347
14:00 h	99	13.8	6.6	6.6	16.5	14	5.5	556.2	245.3
14:20 h	99	13.7	5.9	5.9	16.7	14	3.3	555.7	154.6
14:40 h	99	13.8	5.9	6.5	16.8	14.1	0.8	555.4	211.1
15:00 h	99	13.8	5.9	5.8	17	14.1	2.2	555	163.8
15:20 h	99	13.88	5.7	5.6	17.1	14.1	0.2	554.7	174.2
15:40 h	99	13.8	5.5	5.8	17.2	14.9	0.2	554.4	366.1
16:00 h	99	13.8	4.9	5.3	17.3	15.4	2	554.3	320.7
16:20 h	99	13.88	5	5.6	17.5	14.7	0	554.1	154.2
16:40 h	99	13.8	5.1	5.1	17.6	13.8	0	553.8	138.5
17:00 h	99	13	3	3	17.8	13.4	0	553.8	83.89
17:20 h	99	12.8	0.9	0.9	17.8	13.3	1.3	553.8	27.07
17:40 h	99	12.7	0.5	0.5	17.9	12.9	0.1	553.8	15.92
18:00 h	99	12.7	0.1	0.1	17.8	12.6	1.1	554	3.994
18:20 h	99	12.6	0	0	17.8	12.5	2.2	554.4	0

Anexo 10 Inclinación de los paneles solares – Prueba 7

Graduación: Inclinación 5° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	11.6	0	0	6.4	6	0	563	3.4
6:40 h	99	11.6	0.4	0.4	6.3	6.3	0	563.2	75.3
7:00 h	99	11.5	0.63	0.61	6.8	6.8	0	563.4	120.3
7:20 h	99	11.6	2	2.2	7.3	7.6	0	563.7	133.4
7:40 h	99	11.8	3.6	3.7	11	10	0	563.8	145
8:00 h	99	12.5	5.6	5.6	11.5	9.9	0	564	135.3
8:20 h	99	12.6	5.8	5.8	11.5	10.4	0	564.1	140.8
8:40 h	99	12.7	5.4	5.4	11.5	11.4	0	564.1	128.7
9:00 h	99	12.9	10.1	10.1	11.5	11.7	0	564.2	242.1
9:20 h	99	13	9.5	9.3	11.5	12.4	0	564.1	217.7
9:40 h	99	13.2	14.8	14.8	11.6	13.3	0	564	323.5
10:00 h	99	13	7.9	7.9	11.8	14.5	0	563.7	202.5
10:20 h	99	13	6.7	6.8	11.9	14.1	0	563.4	158.6
10:40 h	99	13.4	15.6	15.6	12.2	13.4	0	563.1	352.5
11:00 h	99	13.5	14.7	14.5	12.5	13.7	0.8	562.4	337.9
11:20 h	99	13.5	15.7	16.2	12.9	14.6	0.4	562.9	382.9
11:40 h	99	14	18.8	18.6	13.2	15.1	3.3	561.4	431.9
12:00 h	99	13.7	14.3	14.3	13.6	15.2	0.9	560.9	351.7
12:20 h	99	13.9	14.6	14.5	13.9	14.8	1.5	560.5	355.1
12:40 h	99	14.6	15.5	14.5	14.2	14.9	4.4	559.9	650.5
13:00 h	99	14.6	12	11.8	14.6	15.6	3.7	559.2	716.8
13:20 h	99	14.6	9.8	9.8	14.8	15.7	4.6	558.7	277.8

Anexo 10 Inclinación de los paneles solares – Prueba 7 (continuación)

Graduación: Inclinación 5° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.6	8.5	8.5	15.1	15.1	3.9	558.3	295.6
14:00 h	99	14.6	7.2	7.2	15.5	15	2.7	557.6	278
14:20 h	99	14.6	7	7	15.6	15.1	0.1	557.1	240.7
14:40 h	99	13.8	6.1	6.1	15.9	15.2	4.3	556.8	352.6
15:00 h	99	13.8	5.9	5.9	16.1	14.8	2.5	556.4	327.7
15:20 h	99	13.8	5.6	5.6	16.2	15	1.9	556.1	390.8
15:40 h	99	13.8	5.4	5.4	16.5	15.1	3.7	555.8	217.8
16:00 h	99	13.8	5.2	5.2	16.6	14.7	3.3	555.6	165.8
16:20 h	99	13.8	4.8	4.8	16.8	13.9	2.7	555.3	152.1
16:40 h	99	13.1	13.3	4.1	16.9	13.3	0.2	552.2	108.1
17:00 h	99	13	2.3	2.3	17	13.4	1.5	555.3	72.07
17:20 h	99	12.8	1.7	1.7	17	13.3	2	555.1	49.81
17:40 h	99	12.7	0.6	0.6	17.1	13.1	0	555.2	30.05
18:00 h	99	12.7	0.2	0.2	17	12.5	0	555.4	5.295
18:20 h	99	12.6	0	0	17	11.7	0	555.6	0

Anexo 11 Inclinación de los paneles solares – Prueba 8

Graduación: Inclinación 5° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
6:20 h	99	12.4	0	0	10.1	8	0	565.2	0
6:40 h	99	12.5	1.1	1.2	10.2	8.4	0	565	11.5
7:00 h	99	12.5	2.5	2.4	10.6	9.6	0	564.8	101.9
7:20 h	99	12.7	3.3	3.5	10.8	10.3	0	564.5	143.8
7:40 h	99	12.7	6.3	6.3	11	11.4	0	564.2	157.4
8:00 h	99	12.8	7.4	7.4	11.6	11.9	0	564.2	198.3
8:20 h	99	12.9	7.7	7.7	11.8	13	0	564	188.6
8:40 h	99	122.9	7.9	7.9	11.8	13	0	564	195.4
9:00 h	99	12.9	8	8	11.9	13.1	0	564.1	198.1
9:20 h	99	13	9.7	9.8	12.2	13	1.1	563.6	247.8
9:40 h	99	13	10	10	12.3	13.2	1.1	563.4	260
10:00 h	99	13.1	12	11.9	12.7	13.5	1.1	562.9	287.1
10:20 h	99	13.5	19.9	19.8	13	13.9	0	562.5	471.2
10:40 h	99	13.3	11.9	11.8	13.2	14.8	4.4	562.1	288.8
11:00 h	99	13.6	17.2	17.3	13.5	15.1	3.3	561.8	393.4
11:20 h	99	14	21.2	21.3	14	15	3.3	561.1	508.9
11:40 h	99	13.7	14.7	14.7	14.3	15.2	3.3	560.5	347.2
12:00 h	99	13.8	15.8	15.8	14.5	15.4	4.4	560.1	398.2
12:20 h	99	14.7	16.8	16.7	15.1	15.5	7.8	558.2	643.3
12:40 h	99	14.8	12.6	13.1	15.5	15.4	5.5	558.6	442.5
13:00 h	99	14.6	10.1	8.8	15.9	15.8	3.3	557.9	628.2
13:20 h	99	14.7	8	8.1	16	16	6.7	557.6	347.3

Anexo 11 Inclinación de los paneles solares – Prueba 8 (continuación)

Graduación: Inclinación 5° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.6	6.5	6.6	16.5	15.7	6.7	556.8	401.2
14:00 h	99	13.7	5.6	5.6	17	14.8	2.2	556.2	245.6
14:20 h	99	13.8	6	6	17.1	14.9	3.3	558.1	247
14:40 h	99	13.8	5.5	5.5	17.4	14.7	3.3	555.4	203.9
15:00 h	99	13.8	4.9	5	17.7	14.5	3.3	554.6	198.7
15:20 h	99	13.8	4.8	4.9	17.9	14.7	1.1	554.6	199.1
15:40 h	99	13.8	4.7	5.6	18	14.7	3.3	554.1	158.4
16:00 h	99	13.8	4.6	4.7	18.1	14.5	3.3	554	176.2
16:20 h	99	13.8	4.7	5.2	18.2	14.4	3.3	554	186.1
16:40 h	99	13.8	4.8	4.3	18.2	14.1	4.4	554	163.8
17:00 h	99	13	2.3	2.3	18.2	13.9	2.2	553.9	66.38
17:20 h	99	12.8	0.9	1.1	18.2	12.9	0	554	25.4
17:40 h	99	11.4	0	0	13	11.7	0	557.8	0
18:00 h	99	11.5	0	0	13.1	12	0	557.1	0
18:20 h	99	11.5	0	0	13	12.1	0	557	0

Anexo 12 Inclinación de los paneles solares – Prueba 9

Graduación: Inclinación 10° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	12.4	0	0	9.6	8.5	0	566.5	0
6:40 h	99	12.5	1	1.2	9.6	8.9	0	566.5	12.8
7:00 h	99	12.5	2.5	2.4	9.7	9.6	0	566.3	112.6
7:20 h	99	12.7	3.3	3.5	9.9	10.5	0	566.2	118.7
7:40 h	99	12.7	6.3	6.3	10.2	11.4	0	566	118.9
8:00 h	99	13	8.5	8.5	10.2	11.6	0	566	124.2
8:20 h	99	13	8.6	8.6	10.4	11.9	0	565.6	216
8:40 h	99	13.3	13.7	13.8	10.4	12.3	1.1	565.5	244.8
9:00 h	99	13.1	10.6	10.6	11.2	12.4	0	564.9	260.1
9:20 h	99	13.2	11.8	11.8	11.9	13.6	1.1	563.9	293.7
9:40 h	99	13.3	13.5	13.5	12.3	14	1.1	563.2	314.6
10:00 h	99	13.3	14	14	13	14.5	1.1	562.4	326.3
10:20 h	99	13.4	13.7	13.8	13.4	14.6	0	560.2	321.1
10:40 h	99	13.5	13.6	13.6	13.8	14.8	0	561.4	325.2
11:00 h	99	14.6	21.6	21.6	14.5	15.4	0	560.4	692.9
11:20 h	99	14.6	16.1	16.1	15	15.9	4.4	559.4	542.7
11:40 h	99	14.6	16.3	16.3	15	15.8	4.1	559.2	540.1
12:00 h	99	14.6	13.4	13.4	15.8	15.9	6.7	558.3	432.4
12:20 h	99	14.6	9.3	9.3	16.5	16	4.4	557.2	457.5
12:40 h	99	14.7	6.2	6.2	16.9	16.4	3.3	556.7	518.4
13:00 h	99	14.6	6.1	6.1	17.4	16.8	3.3	555.9	594
13:20 h	99	13.8	5.7	5.7	17.8	17	3.3	555	665.5

Anexo 12 Inclinación de los paneles solares – Prueba 9 (continuación)

Graduación: Inclinación 10° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	13.8	5.5	5.5	18	16.8	5.5	554.7	695.1
14:00 h	99	13.8	4.8	4.8	18.5	16.5	3.3	554	298.5
14:20 h	99	13.8	4.9	4.9	18.7	16.7	3.3	553.5	421.2
14:40 h	99	13.8	5.1	5.1	18.9	17	3.3	553	636
15:00 h	99	13.8	4.7	4.7	18.8	16.8	4.4	553	232
15:20 h	99	13.8	4.2	4.2	18.8	17.7	0	552.9	237
15:40 h	99	13.8	4	4	18.8	17.5	0	552.8	240.1
16:00 h	99	13.8	3.9	3.9	18.8	17.4	3.3	552.9	238.9
16:20 h	99	13.8	3.8	4.3	18.8	17.2	3.3	552.9	184.6
16:40 h	99	13.8	3.9	4	18.8	17.3	2.2	552.6	156.5
17:00 h	99	13.8	4.5	4.6	18.8	17	1.1	552.8	113
17:20 h	99	12.8	1.7	1.7	18.5	17.1	2	552.7	100
17:40 h	99	12.7	0.6	0.6	18.2	17	0	552.6	76.3
18:00 h	99	12.7	0.5	0.5	18	16.5	0	552.7	18.6
18:20 h	99	12.6	0	0	18	16.5	0	552.5	0

Anexo 13 Inclinación de los paneles solares – Prueba 10

Graduación: Inclinación 10° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
6:20 h	99	12.1	0	0	12.8	5.8	0	561.4	0
6:40 h	99	12.1	1.1	1.1	13.4	5.8	1.1	561.2	11.8
7:00 h	99	12.3	2.7	2.7	13.7	6	0	561	83.45
7:20 h	99	12.3	3.5	3.5	12.9	6.5	0	562	96.71
7:40 h	99	12.6	6	6	12.3	7.4	0	562.8	152.4
8:00 h	99	12.8	6.9	6.9	12	8.6	1.1	586.4	166.3
8:20 h	99	12.8	8.1	8.1	11.9	9.8	0	563.7	195.5
8:40 h	99	12.9	11.2	11.1	11.8	11.4	0	563.8	291.7
9:00 h	99	13.3	16.5	17.5	11.8	12.4	1.1	563.8	491
9:20 h	99	13.1	11	10.8	12.3	14.1	1.1	563.2	301.4
9:40 h	99	13.2	13	12.5	12.3	14.3	1.1	563.1	325.6
10:00 h	99	13.8	21	20.8	13	14.6	0	562.3	500.3
10:20 h	99	14.1	23	22.7	13.5	14.9	0	562	515.3
10:40 h	99	14.1	23	23.4	13.8	15.1	2.2	561.3	526.4
11:00 h	99	14.1	18.2	18.9	14.3	15.9	0	560.6	446.8
11:20 h	99	13.8	13.9	13.9	14.6	15.9	6.7	560.3	344.9
11:40 h	99	13.5	9.1	9.1	15	14.8	2.2	559.6	247
12:00 h	99	14.6	13	13	15.2	14.5	2.2	559.3	415.5
12:20 h	99	14.5	10.3	10.3	15.6	15.3	5.5	558.4	445.5
12:40 h	99	14.7	11.1	11.4	15.7	16.1	3.3	558.1	438.7
13:00 h	99	14.6	8.3	8.3	16.2	15.3	5.5	557.5	635.4
13:20 h	99	14.6	7.4	7.4	16.4	15.5	5.5	556.2	366.6

Anexo 13 Inclinación de los paneles solares – Prueba 10 (continuación)

Graduación: Inclinación 10° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
13:40 h	99	14.6	5.6	5.8	16.7	15.7	3.3	556.4	471.1
14:00 h	99	13.9	3.7	3.3	17	16.1	0	555.6	664.7
14:20 h	99	13.9	4	4.1	17.4	17	0	554.8	550
14:40 h	99	13.8	5.1	5	17.6	17.4	0	554.7	471.8
15:00 h	99	13.8	4.7	4.7	17.8	17.6	1.1	553.8	230.1
15:20 h	99	13.8	4.2	4.2	17.9	17.8	1.1	553.4	300.2
15:40 h	99	13.8	3.9	4.2	18.2	18	0	553.2	421.4
16:00 h	99	13.8	4.5	4	18.4	18.4	1.1	552.7	307.8
16:20 h	99	13.8	4.8	4.3	18.2	14.1	4.4	554	163.8
16:40 h	99	13	2.3	2.3	18.2	13.9	2.2	553.9	66.38
17:00 h	99	13	3.1	3.1	18.7	17.3	3.8	552.5	85.4
17:20 h	99	12.8	4.1	4.1	18.5	15.7	4.9	552.9	31.76
17:40 h	99	12.7	0.7	0.6	18.4	14.8	4.4	553.2	20.57
18:00 h	99	12.7	0.3	0.3	18.1	13.8	3.3	553.5	6.64
18:20 h	99	12.6	0	0	17.8	12.8	0	554.1	0

Anexo 14 Inclinación de los paneles solares – Prueba 11

Graduación: Inclinación 10° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	12.1	0	0	10.1	9.9	0	561.4	0
6:40 h	99	12.3	0.6	0.7	10	11	1.1	561.2	12.8
7:00 h	99	12.5	3.6	3.6	10.4	11.2	0	561	100.1
7:20 h	99	12.6	6.4	6.5	10.9	11.3	0	562	97.6
7:40 h	99	12.6	9.6	9.6	11	11.9	0	562.8	152.4
8:00 h	99	13	15.2	15.2	11	12.4	0	563.9	444.6
8:20 h	99	12.9	8.6	9.4	11.2	13	0	563.7	248.2
8:40 h	99	13	10.5	10.3	11.5	13.8	0	563.5	297.3
9:00 h	99	13.1	10.1	10	11.5	13.9	1.1	563.1	285
9:20 h	99	13	10.8	10.8	12	14.4	1.1	562.8	270.5
9:40 h	99	13.1	12.3	12.3	12	14	2.2	562.5	300.9
10:00 h	99	13.3	16.2	16.7	12.6	14.2	0	562.1	382.2
10:20 h	99	13.4	17.4	17.5	13.5	14.4	4.4	561	396.1
10:40 h	99	13.3	15.3	15.4	13.7	14.7	1.1	560.6	365.6
11:00 h	99	13.3	14	14	13.9	14.7	2.2	560.2	327.7
11:20 h	99	13.3	11.6	11.7	13.7	12.1	2.2	559.5	271.8
11:40 h	99	13.6	19.6	19.6	14.9	13.6	3.3	558.6	426.8
12:00 h	99	13.6	15.4	15.4	15	14.4	3.3	558	357.3
12:20 h	99	13.5	13	13.2	15.5	14.8	3.3	557.6	305.2
12:40 h	99	13.6	13.1	13.3	15.5	14.9	0	557.4	325.4
13:00 h	99	13.7	11.2	11.3	16.1	13.8	1.1	556.2	255.1
13:20 h	99	13.8	11.7	11.5	16.2	14.1	7.8	556.2	275.4

Anexo 14 Inclinación de los paneles solares – Prueba 11 (continuación)

Graduación: Inclinación 10° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14	12.9	12.9	14.6	14.1	5.5	556.1	278.8
14:00 h	99	14.8	11.2	11.3	16.4	13.7	4.4	558.8	265
14:20 h	99	14.7	12.8	12.8	16.2	13.4	3.3	559	203.5
14:40 h	99	14.5	8.8	8.8	16.1	13.2	0	558.1	243.8
15:00 h	99	15.1	7.3	7.3	16.8	14.7	2.2	554.9	219.7
15:20 h	99	15	6.7	6.8	16.8	14.4	2.2	554.9	380.2
15:40 h	99	13.5	4.9	4.9	17.2	14.8	2.2	554.9	147.6
16:00 h	99	15	5.8	6	17.2	14.6	2.2	554	231.3
16:20 h	99	13.8	4.5	4.5	17	15.5	1.1	554.4	231.6
16:40 h	99	13.8	4.4	4.4	17	15.7	3.3	554.6	214.1
17:00 h	99	13.2	3.6	3.6	17	15.8	2.2	554.2	114.3
17:20 h	99	12.9	3	3	17	14.9	0	554.4	89.34
17:40 h	99	12.8	1.6	1.6	16.9	15.2	2.2	554.4	49.85
18:00 h	99	12.8	1	1.1	16.9	15	0	554.4	17.1
18:20 h	99	12.5	0	0	16.7	14.5	1.1	554.4	0

Anexo 15 Inclinación de los paneles solares – Prueba 12

Graduación: Inclinación 10° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
6:20 h	99	12.1	0	0	10.1	9.9	0	561.8	0
6:40 h	99	12.3	0.1	0.2	10	11	0	561.6	6.2
7:00 h	99	12.5	3.6	3.6	10.4	11.2	0	561.5	75.3
7:20 h	99	12.6	6.4	6.5	10.9	11.3	0	561.2	97.6
7:40 h	99	12.6	9.6	9.6	11	11.9	1.1	561.2	152.4
8:00 h	99	12.7	7.6	7.6	12	11	0	561.2	195.4
8:20 h	99	12.8	7.7	7.7	13.2	11.7	0	561	198.5
8:40 h	99	12.9	9.7	9.8	13.2	12	0	560.9	248.5
9:00 h	99	13	9.2	8.3	13.2	12.8	0	560.9	231.9
9:20 h	99	12.9	8.1	8.1	13.3	13	0	560.8	216.8
9:40 h	99	13	8.7	8.7	13.6	12.8	2.2	560.6	226.9
10:00 h	99	12.9	7.3	7.3	13.8	12.7	1.1	560.5	207.9
10:20 h	99	13.2	15.6	15.6	13.9	12.6	1.1	560.3	359.6
10:40 h	99	13.4	16.3	16.4	14	13.5	0	560	360.1
11:00 h	99	13.6	16.8	16.7	14.3	14	0	559.3	367.4
11:20 h	99	13.9	18.2	18.3	14.6	15.3	2.2	558.9	416.6
11:40 h	99	14.6	24	24.5	14.8	15.8	2.2	558.8	597.2
12:00 h	99	14.4	19.8	17.8	15	15.9	3.3	558.3	458.2
12:20 h	99	14.5	11.6	11.4	15.6	15.9	0	557.9	324.1
12:40 h	99	14.5	10.1	10.1	15.9	16	1.1	556.9	300.4
13:00 h	99	14.6	10.1	11.6	16	15	2.2	556.7	832.7
13:20 h	99	14.6	9.6	9.6	16.7	16	2.2	555.7	67.6

Anexo 15 Inclinación de los paneles solares – Prueba 12 (continuación)

Graduación: Inclinación 10° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.6	7.1	7.1	16.6	16.5	2.2	554.6	575.8
14:00 h	99	14	7.2	7.3	16.5	17	5.5	555	602.1
14:20 h	99	14.6	6.1	6.1	16.5	16.9	3.3	554	386.6
14:40 h	99	14.6	5.6	5.5	16.4	16.2	1.1	553.7	445.8
15:00 h	99	15.1	7.3	7.3	16.5	14.7	2.2	553.7	210.6
15:20 h	99	15	6.7	6.8	16.5	14.4	3.3	553.5	375.4
15:40 h	99	13.5	4.9	4.9	16.6	14.8	2.2	553.4	149.3
16:00 h	99	15	5.8	6	16.5	14.6	2.2	553.4	215.4
16:20 h	99	13.8	4.5	4.5	16.7	15.5	1.1	553.1	229.4
16:40 h	99	13.8	4.4	4.4	16.8	15.7	1.1	553	210.3
17:00 h	99	13.2	3.6	3.6	16.8	15.8	1.1	552.9	110
17:20 h	99	12.9	3.1	3.2	16.8	14.9	0	552.8	89.34
17:40 h	99	12.8	1.6	1.6	16.9	15.2	0	552.8	45.6
18:00 h	99	12.8	1	1.1	16.9	15	0	552.8	15.8
18:20 h	99	12.5	0	0	16.7	14.5	0	552.4	0

Anexo 16 Inclinación de los paneles solares – Prueba 13

Graduación: Inclinación 15° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	12.6	0	0	13.6	10.5	0	563	0
6:40 h	99	12.6	0	0	13.8	11.1	0	562.6	0
7:00 h	99	12.6	0	0	13.7	11.5	0	562.4	0
7:20 h	99	12.7	0	0	13.9	11.6	0	562	0
7:40 h	99	12.8	2.1	2	13.9	11.8	0	561.8	29.4
8:00 h	99	12.8	4.2	4.3	14	11.8	0	561.7	89.8
8:20 h	99	12.8	6.2	6.1	14	12	0	561.6	164.3
8:40 h	99	12.8	8.1	8.1	14	12.1	0	561.4	205.1
9:00 h	99	12.9	6.6	6.6	14.5	12.4	0	560.7	174.5
9:20 h	99	13	10.5	10.5	14.6	12.6	1.1	560.7	249.5
9:40 h	99	13.3	26.1	26.1	14.8	12.7	1.1	560.3	590
10:00 h	99	13.1	11.7	11.7	14.8	13.1	2.2	560.3	275
10:20 h	99	13.1	8.2	8.2	15	13.4	2.2	560.1	208
10:40 h	99	13.7	20.1	20.6	15.3	12.6	3.3	559.7	442.7
11:00 h	99	13.6	17.3	17.3	15.5	13	3.3	559.2	404.1
11:20 h	99	14.6	23.1	23	15.8	14.3	4.4	558.9	681.9
11:40 h	99	14.6	16.1	16.1	16.2	14.2	3.3	558.6	358.7
12:00 h	99	14.6	14.2	14	16.4	14.3	4.4	558.1	288
12:20 h	99	14.6	23.6	23.4	16.8	14.4	3.3	557.4	659.9
12:40 h	99	14.6	16.3	16.3	16.9	14.4	3.3	557	351.1
13:00 h	99	14.6	6	6.1	17.2	14.3	4.4	556.3	364.8
13:20 h	99	14.5	5.6	6.5	17.3	14.6	4.4	556.1	366.6

Anexo 16 Inclinación de los paneles solares – Prueba 13 (continuación)

Graduación: Inclinación 15° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.7	5.5	6.3	17.5	15.2	4.4	555.8	327
14:00 h	99	13.8	5.6	5.9	17.8	16.6	5.5	555.2	688.8
14:20 h	99	13.8	4.9	4.9	18	16	4.4	554.7	297.1
14:40 h	99	13.8	4.4	4.9	18.2	15.3	4.4	554.5	189.2
15:00 h	99	13.8	2.1	2.1	18.3	14.4	3.3	554.3	345.1
15:20 h	99	13.5	3.9	3.7	18.5	14.4	2.2	553.9	144
15:40 h	99	13.8	4.9	3.6	18.6	14.3	2.2	553.5	301
16:00 h	99	13.8	4.6	4.2	18.8	15.1	3.3	553.3	559.8
16:20 h	99	13.1	2.5	2.5	18.9	15.1	1.1	553.3	83.15
16:40 h	99	12.7	1.2	1.2	18.9	14.4	5.5	553.3	44.05
17:00 h	99	12.8	2.6	2.6	19	13.3	0	553.2	79.03
17:20 h	99	12.7	1.8	1.8	18.9	13.1	2.2	553.3	52.6
17:40 h	99	112.7	1	1	18.9	12.8	3.3	553.6	32.1
18:00 h	99	12.7	0.2	0.2	18.8	12.3	1	555..8	7.15
18:20 h	99	12.6	0	0	18.6	11.9	2.2	554.1	0

Anexo 17 Inclinación de los paneles solares – Prueba 14

Graduación: Inclinación 15° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	12.7	0	0	16.1	10.6	1.1	560.2	0
6:40 h	99	12.8	1.3	1.2	16.1	10.8	0	560	34.7
7:00 h	99	12.8	3	3.1	16.1	10.9	0	559.6	128.4
7:20 h	99	12.8	4	4.3	15.5	11.1	0	559.6	150.8
7:40 h	99	12.9	6.7	6.7	15	11.3	0	559.4	224.8
8:00 h	99	12.9	7.7	7.8	14.5	11.4	0	559.4	288.6
8:20 h	99	13.1	10.4	10.4	14.4	12.8	3.3	559.5	260.3
8:40 h	99	13.2	10.2	10.1	14.2	12.5	1.1	559.7	245.2
9:00 h	99	13.1	7.9	7.9	14.3	12.5	3.3	559.8	204.9
9:20 h	99	13.3	10.5	10.6	14.4	12.7	1.1	559.6	254.1
9:40 h	99	13.4	11.7	11.7	14.5	13	5.5	559.5	297.9
10:00 h	99	13.8	20.1	20.7	14.7	13.2	4.4	559.2	452.9
10:20 h	99	13.4	10.5	10.5	14.8	13.7	6.7	559.2	283.6
10:40 h	99	13.8	14.3	14.2	15.7	12.9	5.5	558.2	321.4
11:00 h	99	14.2	15	15	15.6	12.8	5.5	558.1	343.4
11:20 h	99	14.3	14.7	14.6	15.8	13.4	5.5	558	403
11:40 h	99	14	10.2	10.2	15.9	13.4	3.3	557.7	251.4
12:00 h	99	14.4	12.3	12.5	16.1	13.8	3.3	557.3	275
12:20 h	99	14.4	10.1	10	16.5	14.1	1.1	557	283.1
12:40 h	99	14.7	5.6	7	16.9	14.4	4.4	556.1	289.9
13:00 h	99	14.7	5.4	5.4	16.9	14.3	4.4	556.7	280.6
13:20 h	99	14.6	5.2	5.4	16.8	14.3	5.5	555.9	337.9

Anexo 17 Inclinación de los paneles solares – Prueba 14 (continuación)

Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	13.8	4.2	4.2	16.8	14.7	3.3	555.5	321.8
14:00 h	99	13.8	4.3	4.3	16.9	14.4	3.3	555.2	325.1
14:20 h	99	13.8	4.4	4.4	17.1	14.6	2.2	555	221.9
14:40 h	99	13.8	4.2	4.3	17.4	14.6	0	554.6	238.1
15:00 h	99	13.8	4	4	17.6	14.5	3.3	554.4	217
15:20 h	99	13.8	4.4	3.7	17.6	14.3	4.4	554.3	454.8
15:40 h	99	13.8	3.9	3.9	17.8	15	4.4	554.1	198.7
16:00 h	99	13.8	4.1	4.1	17.8	15	2.2	554	129.6
16:20 h	99	13	2.7	2.7	17.7	14.3	2.2	554.1	92.7
16:40 h	99	13.8	4.1	4.3	17.6	14.2	2.2	554.2	150
17:00 h	99	13.7	3.9	3.9	17.6	13.9	2.2	554.3	120.2
17:20 h	99	13.1	3	3	17.6	13.8	1.1	554.3	93.48
17:40 h	99	12.7	0.8	0.8	17.9	13	1.1	554.2	24.36
18:00 h	99	12.7	0.6	0.6	17.8	12.7	1.1	554.4	16.51
18:20 h	99	12.7	0	0	17.5	12	0	554.9	0

Anexo 18 Inclinación de los paneles solares – Prueba 15

Graduación: Inclinación 15° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
6:20 h	99	12.7	0	0	11.5	9.9	1.1	564.1	0
6:40 h	99	12.7	0	0	11.8	10.1	0	564	0
7:00 h	99	12.9	1.1	1.2	12	10.1	2.2	563.9	51.3
7:20 h	99	12.9	2.8	2.6	11.9	10.1	0	563.8	122.1
7:40 h	99	12.9	6.4	6.3	11.7	10.6	3.3	563.7	168.1
8:00 h	99	12.9	8.5	8.5	11.5	10.8	0	563.6	228.6
8:20 h	99	13.3	19.4	21.2	11.5	11.1	0	565.5	310
8:40 h	99	13.8	24.9	24.8	11.8	13.2	0	563.1	383.3
9:00 h	99	13.3	11.1	10.8	12	13.8	0	562.1	370
9:20 h	99	13.2	10.3	10.2	12.6	14	0	561.9	266.6
9:40 h	99	13.4	29.8	31.3	12.7	14.3	1.1	561.8	780.2
10:00 h	99	14.6	28.1	28.1	13.2	14.7	2.2	561.4	690.7
10:20 h	99	13.6	14.4	14.2	13.6	15.1	4.4	561.3	356.6
10:40 h	99	14.1	16.2	16.5	14	14.5	2.2	561	380.6
11:00 h	99	14.7	15.3	14.5	14.6	15.2	6.7	559.5	432.5
11:20 h	99	14.4	13.4	13.3	14.9	15.2	6.7	558.9	337.7
11:40 h	99	14	10.7	10.7	15.2	14.9	1.1	558.8	281.8
12:00 h	99	14.4	9.7	9.7	15.3	14.9	0	558.8	296.3
12:20 h	99	14.4	8.1	8	15.8	15	2.2	558.6	283
12:40 h	99	14.6	5.5	5.5	16.6	15.1	2.2	556.5	278.1
13:00 h	99	13.8	4.9	4.9	16.8	15.2	3.3	556.1	338.1
13:20 h	99	13.8	5.1	5.1	17.2	15.7	4.4	555.3	571.4

Anexo 18 Inclinación de los paneles solares – Prueba 15 (continuación)

Graduación: Inclinación 15° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	13.8	5.1	5.1	17.2	15.6	3.3	555.4	586.8
14:00 h	99	13.8	4.1	4.1	17.6	16	3.3	554.7	282.4
14:20 h	99	13.8	3.9	3.9	17.9	14.8	5.5	554.4	314.8
14:40 h	99	13.8	4	3.9	18	15	6.7	554.2	509.6
15:00 h	99	13.8	4.3	4.7	18.2	15.8	4.4	553.7	440.8
15:20 h	99	13.8	3.9	3.8	18.3	16.2	3.3	553.6	224.5
15:40 h	99	13.8	4.1	4.1	18.5	16.1	3.3	553.3	476.2
16:00 h	99	13.8	4.2	3.7	18.6	15.8	4.4	553.2	249.8
16:20 h	99	13.8	3.8	3.8	18.9	15.5	3.3	552.9	323.2
16:40 h	99	13.8	4	4	19	15.3	2.2	552.9	271.3
17:00 h	99	13.8	3.7	3.8	19	14.8	1.1	552.9	102.6
17:20 h	99	13.7	2.9	2.9	19.1	14.6	0	552	76.4
17:40 h	99	13.7	1.8	1.8	19	14.3	1.1	551.7	98.8
18:00 h	99	13.7	1	0.9	18.8	14.2	3.3	551.4	28.9
18:20 h	99		0.2	0.3	18.6	13.8	0	551.4	6.4

Anexo 19 Inclinación de los paneles solares – Prueba 16

Graduación: Inclinación 15° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
6:20 h	99	12.6	0.6	0.6	11.8	8.5	1.1	565.1	7.8
6:40 h	99	12.6	1	1.1	11.7	8.7	0	565.4	10.1
7:00 h	99	12.6	2.3	2.3	11.7	8.6	0	565.2	38.8
7:20 h	99	12.7	3	3.1	11.6	8.8	0	565	76.4
7:40 h	99	12.7	4.8	4.9	11.4	8.8	0	564.9	110.4
8:00 h	99	12.8	7	7	11.4	9.1	0	564	173
8:20 h	99	12.8	5.6	5.6	11.4	9.8	0	564	146.2
8:40 h	99	13	9.9	9.9	11.5	10.8	0	564	261.2
9:00 h	99	13	7.5	7.5	11.6	11.7	0	563.7	199.9
9:20 h	99	13.5	18	17.8	11.8	12.6	1.1	563.3	616
9:40 h	99	13.5	28.8	28.8	12	13.3	0	563.1	601.8
10:00 h	99	13.4	17.3	17.3	12.2	14.2	1.1	562.7	518.4
10:20 h	99	13.6	16.4	16.7	13	14.9	5.5	561.6	934.9
10:40 h	99	14.3	27.3	29.6	13.6	15.1	3.3	560.8	814.3
11:00 h	99	14.6	21	21.8	14	15.5	4.4	560.2	564
11:20 h	99	13.9	15.1	15.1	14.5	15.5	5.5	559.7	392.6
11:40 h	99	14.5	15.1	15.3	14.8	15.5	5.5	559.2	603.5
12:00 h	99	14.6	15.9	15.8	15.5	15.7	5.5	559	629.9
12:20 h	99	14.6	7.8	7.7	15.8	15.8	0	558.2	399.4
12:40 h	99	14.6	6.8	6.8	16	16	7.8	557.2	381.1
13:00 h	99	14.7	6.1	5.3	16.5	16.1	4.4	556.6	297.5
13:20 h	99	13.8	4.7	4.7	17	16.1	3.3	558	237.1

Anexo 19 Inclinación de los paneles solares – Prueba 16 (continuación)

Graduación: Inclinación 15° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	13.8	4.4	4.4	17.1	16.1	3.3	555.5	185.9
14:00 h	99	13.8	4.2	4.2	17.2	15.5	2.2	555.3	304.6
14:20 h	99	13.8	4.1	4.5	17.6	15.4	1.1	554	161.3
14:40 h	99	13.8	3.9	3.9	17.9	16.1	3.3	554	281.6
15:00 h	99	13.8	4.1	4.2	18.6	16.2	3.3	553.8	208.7
15:20 h	99	13.8	4.4	3.6	18.4	15.6	1.1	553.5	352.4
15:40 h	99	13.8	4	4	18.5	15.1	0	553.4	324.1
16:00 h	99	13.8	3.8	3.7	18.6	14.9	4.4	553.3	582.1
16:20 h	99	13.8	4.1	4.2	18.8	15.1	5.5	553	240.7
16:40 h	99	13.8	3.9	3.9	18.7	15	2.2	553.2	145
17:00 h	99	13	2.7	2.8	18.8	14.8	2.2	553.1	86.9
17:20 h	99	12.9	3.5	3.4	18.9	14	4.4	553	223.8
17:40 h	99	12.8	1	1	19	13.5	1.1	553	38.35
18:00 h	99	12.7	0.3	0.3	18.8	12.7	1.1	553.5	11.5
18:20 h	99	12.7	0	0	18.8	12.3	1.1	553.5	0

Anexo 20 Inclinación de los paneles solares – Prueba 17

Graduación: Inclinación 30° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	12.1	0	0	12.6	9.8	0	568.1	0
6:40 h	99	12.1	0	0	12.8	10	0	566.4	0
7:00 h	99	12.3	0.3	0.3	13.1	10.2	0	564.3	28.7
7:20 h	99	12.5	2.3	2.2	13	10.8	1.1	563.5	110.6
7:40 h	99	12.8	4.7	4.7	13.2	10.7	0	562.8	197.4
8:00 h	99	12.8	7.2	7.3	13.2	11.1	0	562.2	212.3
8:20 h	99	13	12.9	12.2	13.3	13.3	0	561.3	342.2
8:40 h	99	13.1	17.4	17.4	13.3	13.5	0	561.3	492.6
9:00 h	99	13.3	28.1	29.1	13.6	15.1	1.1	561	352.3
9:20 h	99	13.5	31.6	31.6	13.9	15.2	1.1	560.7	375.1
9:40 h	99	13.1	14.3	14.3	14.3	15.8	2.5	560.1	360.7
10:00 h	99	13.2	13.2	13.2	14.9	15.3	0	559.4	380
10:20 h	99	13.1	12	12	15.2	15.3	2	559	314.5
10:40 h	99	13.3	15.3	15.3	15.7	16	1.6	558.3	421.4
11:00 h	99	13.4	16.4	16.2	16	16.1	2.3	557.9	412.5
11:20 h	99	13.6	18.4	18.3	16.5	16	1.8	557.2	456.3
11:40 h	99	13.8	18.6	18.6	16.9	16.6	1.8	555.6	475.5
12:00 h	99	13.9	23	23.3	17.2	17.3	2.2	555.9	609.7
12:20 h	99	13.5	11.7	11.7	17.6	17.3	3.9	555.5	335.5
12:40 h	99	13.6	11.8	11.8	17.8	16.7	4.1	555.5	296.6
13:00 h	99	13.6	8.7	8.7	18.1	15.6	0.5	554.7	247.8
13:20 h	99	13.9	10.4	10.4	18.2	15.4	0.6	554.6	284.6

Anexo 20 Inclinación de los paneles solares – Prueba 17 (continuación)

Graduación: Inclinación 30° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.9	10.1	8.4	18.5	15.8	1.2	554	307.5
14:00 h	99	13.9	7.2	7.2	18.6	15.6	2	553.7	220.6
14:20 h	99	14.9	7.3	6.8	18.7	15.6	1.1	553.2	435.6
14:40 h	99	14.8	6.7	6.3	18.9	16.6	1.8	552.9	484.8
15:00 h	99	14.9	5.7	5.7	18.9	16.1	1.9	552.6	250
15:20 h	99	14.6	4.6	4.6	17.6	15.1	1.9	555.5	285
15:40 h	99	13.8	4.5	4.7	19.2	117.4	1.2	552.5	212.2
16:00 h	99	13.4	3.9	3.9	19.2	17.4	1.8	552.4	160.9
16:20 h	99	13.4	4.1	4.1	19.2	16.1	4.7	552.3	426.4
16:40 h	99	13.8	4.4	4.4	19.2	15.4	1.1	552.3	445.6
17:00 h	99	13.8	3.8	4.5	19.2	15.5	1.2	552.3	389
17:20 h	99	13	2.4	2.4	19.2	14.7	0.1	552.6	160.9
17:40 h	99	12.8	0.9	0.9	19	14	0	552.7	57.11
18:00 h	99	12.7	0.3	0.3	18.9	13.4	0	553.1	11.36
18:20 h	99	12.6	0	0	18.8	12.8	0	553.6	0
13:40 h	99	12.6	0	0	18.6	12.5	0	554.4	0

Anexo 21 Inclinación de los paneles solares – Prueba 18

Graduación: Inclinación 30° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	12	0	0	12	8.5	0	560.2	0
6:40 h	99	12.1	0.7	0.6	12.4	8.6	0	560.8	10.6
7:00 h	99	12.1	2.2	2.3	12.6	8.8	0	561.2	51.8
7:20 h	99	12.3	2.7	2.7	12.8	9	0	561.5	89.1
7:40 h	99	12.4	3.8	3.8	13	9.1	1.1	562.1	100.4
8:00 h	99	12.5	4.3	4.3	13.1	9.2	0	562.6	119.3
8:20 h	99	12.5	5	5	13	9.5	0	562.8	146.2
8:40 h	99	12.6	5.3	5.4	12.9	9.7	0	563	114.8
9:00 h	99	12.7	6.6	6.6	12.4	10	0	563	187
9:20 h	99	13.2	18.9	19	12.9	10.3	0	564.1	193.2
9:40 h	99	13.2	16.7	16.7	13	10.9	0	563.4	310.6
10:00 h	99	13.2	15.9	15.9	13.2	11.5	1.1	563.1	327.7
10:20 h	99	13.7	27.5	28.7	13.4	12.8	0	562.5	585.4
10:40 h	99	14.2	15	19.8	13.6	14.8	0	561.9	390.6
11:00 h	99	14.3	27	27.2	13.7	15.5	1.1	561.3	655.4
11:20 h	99	13.9	18.2	18	14.2	15.6	2.2	560.5	428.8
11:40 h	99	13.3	7.8	7.8	14.7	15.6	3.3	559.8	240.3
12:00 h	99	14.7	17.4	23.2	15	15	3.3	559.1	441.3
12:20 h	99	14.8	18.9	18.9	15.4	15.2	0	558.7	337.8
12:40 h	99	14.9	12.1	12.2	15.8	15.4	1.1	558.1	299.5
13:00 h	99	14.7	7.8	7.2	16.1	15.2	3.3	557.3	273.2
13:20 h	99	14.6	7.2	7.2	16.4	15.2	3.3	557	647.4

Anexo 21 Inclinación de los paneles solares – Prueba 18 (continuación)

Graduación: Inclinación 30° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.7	5	6.6	16.5	14.7	1.1	556.8	439.8
14:00 h	99	14.8	6	6	16.5	14.6	3.3	556.4	564.8
14:20 h	99	14.6	4.6	6.2	16.7	15.6	3.3	556.1	608.4
14:40 h	99	13.8	4.3	4.3	16.9	15.6	4.4	555.4	246.9
15:00 h	99	13.8	4.5	4.2	17	14.4	3.3	555.1	202.2
15:20 h	99	13.8	3.9	4.2	17.2	14.9	2.2	555	470.8
15:40 h	99	13.7	4	4	17.3	15.3	1.1	554.8	471.9
16:00 h	99	13.8	4	3.9	17.5	15.7	4.4	554.8	261.1
16:20 h	99	13.8	3.8	3.8	17.6	15.7	2.2	554.5	429.6
16:40 h	99	13.8	3.7	3.7	17.6	15.9	3.3	554.4	143.4
17:00 h	99	13.5	3.9	3.9	17.7	15.2	1.1	554.4	339.8
17:20 h	99	13.8	0.9	0.9	17.7	14.8	0	554.6	63.77
17:40 h	99	12.8	0.7	0.7	17.7	14.1	1.1	554.5	27.07
18:00 h	99	12.7	0.8	0.8	17.8	13.8	1.1	554.6	27.28
18:20 h	99	12.7	0	0	17.8	13.1	3.3	554.8	0.13
13:40 h	99	12.6	0	0	17.9	12.5	0	554.6	0

Anexo 22 Inclinación de los paneles solares – Prueba 19

Graduación: Inclinación 30° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
6:20 h	99	12.1	0	0	10.4	9.2	0	566.1	0
6:40 h	99	12.4	0	0	10.6	9.6	0	565.2	0
7:00 h	99	12.8	1.3	1.3	11	9.8	0	565	69.7
7:20 h	99	13	2.3	2.2	11.2	9.8	1.1	564.6	112.4
7:40 h	99	13.2	12.4	12.3	11.4	9.9	1.1	564.2	289.4
8:00 h	99	13.4	23.6	23.6	11.9	10	0	564	434.3
8:20 h	99	13.4	17.5	17.5	12	12.6	1.1	564.1	367.2
8:40 h	99	13.3	14.6	14.8	12.1	13.3	0	563.9	282.2
9:00 h	99	13.6	21.2	21.2	12.4	13.2	0	563.6	425.5
9:20 h	99	14	24.9	24.8	12.7	13.2	3.3	563.3	553.5
9:40 h	99	13.6	15	15.3	13	13.4	3.3	562.8	321.9
10:00 h	99	13.7	21.1	18.9	13.5	13.7	2.2	562.2	394.9
10:20 h	99	14.6	14.2	14.2	13.7	13.7	2.2	561.6	397.1
10:40 h	99	14.8	16.8	19.6	14.3	13.9	1.1	561	387.4
11:00 h	99	13.5	10.8	10.8	14.6	14.2	0	560.6	249.2
11:20 h	99	14.5	12.9	12.9	15	14.1	2.2	559.8	338
11:40 h	99	14.7	11.9	10.7	15.2	14.3	4.4	559.5	429.6
12:00 h	99	14.6	8.5	7.9	15.6	14.9	3.3	558.8	629.3
12:20 h	99	14.6	6.1	7.2	15.8	15.2	5.5	558.4	335.1
12:40 h	99	14.7	6	6	15.9	15.2	2.2	551.2	288.4
13:00 h	99	14.6	5	5.8	16.2	14.9	3.3	557.7	330.6
13:20 h	99	14.6	5.5	5.6	16.3	15.1	5.5	557.4	689.6

Anexo 22 Inclinación de los paneles solares – Prueba 19 (continuación)

Graduación: Inclinación 30° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	13.8	4.1	4.1	16.6	15.2	2.2	557.1	698.7
14:00 h	99	13.8	3.9	5.3	16.7	15.5	4.4	556.6	740.3
14:20 h	99	13.8	4.3	3.8	16.9	15.8	5.5	556.3	267
14:40 h	99	13.8	4.2	4.3	17	14.9	3.3	558	317.7
15:00 h	99	13.8	3.5	3.5	17.2	15.5	2.2	555.6	691.9
15:20 h	99	13.8	3.7	3.9	17.5	16	1.1	555.3	368.1
15:40 h	99	13.8	4.1	4.2	17.6	15.7	5.5	554.9	188.3
16:00 h	99	13.8	3.9	3.9	17.8	14.6	3.3	554	151.5
16:20 h	99	13.1	3.5	3.5	17.5	13.6	3.3	554	110.5
16:40 h	99	13.8	4	3.7	17.9	13.5	2.2	554.4	136.1
17:00 h	99	13.1	3.4	3.4	17.9	13.5	2.2	554.5	120.9
17:20 h	99	12.9	2.5	2.5	17.8	13.1	1.1	554.5	105.8
17:40 h	99	12.8	1.1	1.1	17.7	12.8	0	555	40.44
18:00 h	99	12.7	0	0	17.5	12.2	2.2	555.3	2.778
18:20 h	99	12.7	0	0	17.3	11.6	1.1	555.6	0
13:40 h	99	12.6	0	0	17	11.2	1.1	556	0

Anexo 23 Inclinación de los paneles solares – Prueba 20

Graduación: Inclinación 30° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	12.1	0	0	11.2	9.8	0	566.4	0
6:40 h	99	12.2	0.4	0.4	11.3	9.9	1.1	565.2	12.3
7:00 h	99	12.4	1.1	1.1	11.5	10.2	1.1	565	84.2
7:20 h	99	12.6	1.2	1.2	11.7	10.4	0	564.5	99.2
7:40 h	99	12.7	2.6	2.7	11.7	10.2	0	564.3	110.4
8:00 h	99	12.7	4.8	4.8	11.8	10.6	0	564.2	131
8:20 h	99	12.8	6.6	6.6	11.8	10.9	0	564.3	174.3
8:40 h	99	12.8	6	6	11.8	11.4	0	564.5	159.4
9:00 h	99	13	11.8	11.7	11.8	11.8	0	564.4	280.5
9:20 h	99	13.1	11.5	11.5	12	12.6	1.1	564.3	292.2
9:40 h	99	13.2	12.7	12.7	112	13.3	2.2	564.3	323.7
10:00 h	99	13.5	20.8	20.7	12.2	13.4	0	564	482.3
10:20 h	99	13.1	8.4	8.5	12.6	13.9	0	563.4	224
10:40 h	99	13	6.6	6.6	12.8	13.8	1.1	563.1	164.8
11:00 h	99	13.3	12.9	12.9	13.1	13.4	3.3	562.5	326.4
11:20 h	99	13.3	11.9	11.7	13.5	14	1.1	562	331.9
11:40 h	99	13.4	12.4	12.4	13.9	15.2	1.1	561.1	418.6
12:00 h	99	13.4	14.7	14.7	14.4	15.8	1.1	560.5	439.8
12:20 h	99	13.6	11.6	11.6	14.5	15.7	1.1	560.3	313.3
12:40 h	99	14.5	19.5	18.5	14.8	15.7	5.5	559.7	440.9
13:00 h	99	14.6	14.7	17.1	15.2	16	3.3	559.1	735.7
13:20 h	99	14.6	11.9	11.8	15.5	16.6	3.3	558.6	479.1

Anexo 23 Inclinación de los paneles solares – Prueba 20 (continuación)

Graduación: Inclinación 30° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	13.6	6.6	6.6	15.8	16.2	3.3	558.3	189.1
14:00 h	99	13.6	6.3	6.3	16.2	15	3.3	557.8	195
14:20 h	99	14	6	6	16.5	14.9	1.1	557	184.2
14:40 h	99	14.7	5.5	5.5	16.9	14.7	3.3	556.7	384.5
15:00 h	99	13.8	5.5	5.5	17.2	14.1	4.4	556.8	378.6
15:20 h	99	13.8	4.7	4.7	17.3	14.4	1.1	555.9	365.8
15:40 h	99	13.8	4.4	4.4	17.3	14.3	3.3	555.9	307.6
16:00 h	99	13.8	4.2	4.2	17.5	14.7	2.2	555.6	349.5
16:20 h	99	13.8	3.9	3.9	17.6	15	2.2	555.5	284.2
16:40 h	99	13.8	4.4	4.4	17.6	15	1.1	555.3	442.8
17:00 h	99	13.8	4.1	4.1	17.8	15.1	0	555.2	383.9
17:20 h	99	13.8	2.6	2.6	17.8	14.8	4.4	555	90.44
17:40 h	99	12.8	1.2	1.2	17.8	14.4	2.2	555.1	46.9
18:00 h	99	12.7	0.3	0.3	17.8	13.5	1.1	555.3	10.35
18:20 h	99	12.7	0	0	17.8	12.6	2.2	555.6	0
13:40 h	99	12.7	0	0	17.7	12.2	1.1	555.8	0

Anexo 24 Inclinación de los paneles solares – Prueba 21

Graduación: Inclinación 45° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
6:20 h	99	11.9	0	0	14.1	10.3	0	564.1	0
6:40 h	99	12.1	0	0	13.7	10.1	0	563.2	0
7:00 h	99	12.3	0	0	13.4	10.6	0	562.8	0
7:20 h	99	12.3	1.9	1.8	13.1	10.8	0	562.6	26.4
7:40 h	99	12.6	2.4	2.3	13.2	11	1.1	562.5	97.6
8:00 h	99	12.7	3.6	3.6	13	11.3	0	562.5	129.8
8:20 h	99	12.6	3.3	3.6	13	11.7	0	562.5	117.2
8:40 h	99	12.7	5	5	13.1	11.8	0	562.7	158.4
9:00 h	99	12.7	5.7	5.7	13	11.9	0	562.8	182.4
9:20 h	99	12.9	6.6	6.6	13.1	12.8	1.1	562.5	192.9
9:40 h	99	13.1	12.9	12.2	13.2	13.2	1.1	562.4	341.2
10:00 h	99	13	7.7	7.7	13.5	13.4	1.1	562	235.9
10:20 h	99	13.8	20.7	18.9	13.6	13.7	2.2	561.8	587
10:40 h	99	13.5	16.2	16.2	13.9	14.4	2.2	561.4	416.3
11:00 h	99	13.6	17.2	17.1	14	14.7	4.4	561.2	498.8
11:20 h	99	13.2	7.5	7.5	14.6	14.4	2.2	560.4	281.4
11:40 h	99	13.4	10.9	10.9	14.8	13.9	1.1	560.2	320.6
12:00 h	99	14.2	19.3	19.3	15.2	13.2	4.4	559.5	529.9
12:20 h	99	14.5	17.6	17.6	15.5	13.8	2.2	558.9	423.3
12:40 h	99	13.5	9.6	9.6	15.8	14	2.2	558.6	320.6
13:00 h	99	14.6	10.2	11	16	14.4	3.3	557.8	327.1
13:20 h	99	14.7	9	8.2	16.2	15.1	5.5	557.4	415.9

Anexo 24 Inclinación de los paneles solares – Prueba 21 (continuación)

Graduación: Inclinación 45° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.5	7	7.6	16.6	15.1	5.5	557.1	341.1
14:00 h	99	14.6	6.2	6.4	16.8	15.1	3.3	556.8	461.6
14:20 h	99	14.7	5.8	5.3	16.9	14.8	5.5	556.5	235.6
14:40 h	99	14.7	4.9	4.8	17	14.5	1.1	556.2	290
15:00 h	99	13.8	4.3	4.8	17.1	14.3	2.2	555.9	285.5
15:20 h	99	13.8	4.5	4.5	17.3	14	5.5	555.5	274.8
15:40 h	99	13.8	4.2	4.1	17.4	13.8	6.7	555.3	378.3
16:00 h	99	13.8	4	4.2	17.5	13.7	3.3	555.2	245.8
16:20 h	99	13.5	3.9	3.9	17.4	13.6	1.1	555.2	221.1
16:40 h	99	13.2	3.6	3.6	17.5	13.7	3.3	555.2	80.42
17:00 h	99	12.9	1.9	1.9	17.4	12.8	3.3	555.2	76.26
17:20 h	99	12.8	0.9	0.9	17.2	12.4	0	555.5	36.79
17:40 h	99	12.7	0.6	0.6	17	12.1	2.2	555.9	21.75
18:00 h	99	12.7	0.3	0.3	17	11.9	1.1	556.2	6.368
18:20 h	99	12.7	0	0	16.6	11.4	1.1	556.5	0
13:40 h	99	12.6	0	0	16.6	10.9	1.1	557.1	0

Anexo 25 Inclinación de los paneles solares – Prueba 22

Graduación: Inclinación 45° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
6:20 h	99	12.4	0	0	12.6	8.9	1.1	564.3	0
6:40 h	99	12.6	0	0	12	8.9	1.1	564.2	0
7:00 h	99	12.7	6.8	6.8	12.2	9.2	2.2	564	28.4
7:20 h	99	12.9	10.2	10.2	11.9	9.8	0	563.9	100.4
7:40 h	99	13	16.1	16.2	12	10	1.1	563.8	186.8
8:00 h	99	13.3	20.1	16.4	11.8	9.3	0	563.8	262.5
8:20 h	99	13.1	7.7	7.6	11.8	11.8	0	563.7	202.6
8:40 h	99	13.2	11.7	11	12	11.7	1.1	563.7	238.6
9:00 h	99	13	7.6	7.6	12	12.2	0	563.7	206.1
9:20 h	99	13	7.2	7.2	12.3	12.9	0	563.4	199.8
9:40 h	99	13.2	13.5	12.5	12.6	13.3	1.1	563	403
10:00 h	99	13.2	8.9	9.2	13	14.3	4.4	562.2	242.3
10:20 h	99	13.5	14.3	14.2	15.7	12.9	5.5	558.2	321.4
10:40 h	99	13.8	15	15	15.6	12.8	5.5	558.1	343.4
11:00 h	99	13.8	14.7	14.6	15.8	13.4	5.5	558	403
11:20 h	99	13.9	14.5	10.2	15.9	13.7	3.3	557.7	251.4
11:40 h	99	14	10.2	5.1	5.2	13.9	0	558	194
12:00 h	99	13.7	4.9	4.9	14.9	14.1	6.7	559.5	186
12:20 h	99	13.4	9	9	15.4	14.1	4.4	559.2	272.6
12:40 h	99	13.7	11.9	12	15.2	14.2	4.4	558.9	283.3
13:00 h	99	13.4	8.8	8.7	15.5	14.3	4.4	558.7	304.8
13:20 h	99	14.6	13.9	13.9	15.6	14.1	6.7	558.3	384.9

Anexo 25 Inclinación de los paneles solares – Prueba 22 (continuación)

Graduación: Inclinación 45° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:14 h	99	14.5	10.6	11.4	15.8	15.4	2.2	558	502.5
14:00 h	99	14.7	9.4	9.2	16	15.4	5.5	557.8	518
14:20 h	99	14.7	8.5	7.7	16	14.6	1.1	557.8	556.2
14:40 h	99	14.4	7.3	6.6	16.2	14.6	4.4	557.8	296.6
15:00 h	99	14.7	8.9	3.5	16.3	15.2	3.3	557.6	508.2
15:20 h	99	14.7	6.2	5.8	16.2	15.2	4.4	557.7	692.2
15:40 h	99	14.7	4.7	4.9	16.7	14.7	4.4	557.6	541.4
16:00 h	99	14.7	5.2	5.2	16.9	14.6	5.5	557.4	478
16:20 h	99	13.8	4.7	4.7	16.8	14.7	4.4	557.4	532
16:40 h	99	13	2.7	2.7	16.9	13.9	2.2	557.3	102.6
17:00 h	99	12.9	1.8	1.8	16.9	13.3	1.1	557	69.3
17:20 h	99	12.8	0.9	0.9	17	12.6	1.1	556.9	47.49
17:40 h	99	12.8	0.9	1	17.2	12.3	0	556.8	69.96
18:00 h	99	12.7	0.1	0.1	17.5	11.9	0	556.3	4.428
18:20 h	99	12.7	0	0	17.6	11.6	3.3	556.1	0

Anexo 26 Inclinación de los paneles solares – Prueba 23

Graduación: Inclinación 45° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m ⁻²)
6:20 h	99	12.7	0	0	16.1	10.6	1.1	560.2	0
6:40 h	99	12.8	0	0	16	10.8	0	560	34.7
7:00 h	99	12.8	3	3.1	15.8	10.9	0	559.6	128.4
7:20 h	99	12.8	4	4.3	15.5	11.1	0	559.6	150.8
7:40 h	99	12.9	6.2	6.2	15	11.3	0	559.4	224.8
8:00 h	99	12.4	12.2	12.1	12.1	11.5	0	563.9	282.2
8:20 h	99	12.5	19.6	19.6	12.4	11.5	0	563.6	425.5
8:40 h	99	13.1	22.2	22.3	12.7	11.6	3.3	563.3	553.5
9:00 h	99	13.1	15	15.3	13	11.6	3.3	562.8	321.9
9:20 h	99	13.1	21.1	18.9	13.5	11.6	2.2	562.2	394.9
9:40 h	99	13.1	10.1	10.4	10.3	11.8	1.1	561.9	300.2
10:00 h	99	13.1	16.1	8.1	8	11.9	3.3	561.8	201.2
10:20 h	99	13.1	14.2	9	9	11.9	0	561.6	498.8
10:40 h	99	13.1	14.8	5.5	5.5	12.5	3.3	561	200.9
11:00 h	99	13.1	15	14.9	14.8	12.9	4.4	560	393
11:20 h	99	13.1	12.1	12.2	14.9	13.5	4.4	559.8	319.6
11:40 h	99	13.2	14.7	14.7	15.1	13.4	3.3	559.4	404.3
12:00 h	99	13.2	15.2	15.2	15.4	13.1	2.2	558.9	407.6
12:20 h	99	13.1	8.9	9	15.5	13.2	0	558.6	289.7
12:40 h	99	13.2	7.4	7.6	15.6	14	2.2	558.4	222.1
13:00 h	99	14	27.6	30.9	15.9	14.7	3.3	557.7	607.7
13:20 h	99	13.2	9.7	9.6	16.4	15.3	1.1	557.1	192.8

Anexo 26 Inclinación de los paneles solares – Prueba 23 (continuación)

Graduación: Inclinación 45° - Dirección 0° Sur									
Hora	Porcentaje de carga en batería (%)	Voltaje en batería (V)	Intensidad de entrada (A)	Intensidad acumulada (A)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Velocidad del viento (m·s⁻¹)	Presión absoluta (mm Hg)	Radiación (W·m⁻²)
13:40 h	99	14.3	28.1	9	16.8	15	4.4	557	250.3
14:00 h	99	13.4	20.1	20	16.9	15.2	3.3	556.2	688.4
14:20 h	99	14.7	22.2	22.2	17	15.2	8.9	559.9	676.8
14:40 h	99	14.6	17.8	17.9	17.2	15.5	3.3	555.4	727.3
15:00 h	99	13.7	8.7	13.4	17.4	15.7	4.4	555	224
15:20 h	99	15.4	11.9	11.5	17.6	15.3	4.4	554.8	621.3
15:40 h	99	14.7	10.9	10.9	17.6	15.2	8.9	554.8	278.6
16:00 h	99	14.2	10.1	10.1	17.7	17.7	0	554.6	289.6
16:20 h	99	13.5	8.8	8.8	17.8	17.1	5.5	554.1	276.3
16:40 h	99	13.5	6.6	6.6	17.8	17	5.1	554.6	289.7
17:00 h	99	13.1	6.8	6.8	17.7	16.8	4.9	556.5	294.3
17:20 h	99	13.1	6.7	6.7	17.6	16.9	0	565.3	398
17:40 h	99	13.1	0.1	0.9	17.3	16.2	0	565	128.6
18:00 h	99	13	0.1	0.1	17.4	16.1	3.3	564.2	19.2
18:20 h	99	13	0	0	17.1	16	2.2	564.3	0
13:40 h	99	13	0	0	17.1	16	3.3	564.1	0

Anexo 27 Bomba de calor - Prueba 1

Tiempo (min)	Ta (°C)	Radiación del cielo (W·m ⁻²)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	P1 (PSI)	P2 (PSI)	P3 (PSI)	T1A (°C)	T2A (°C)	T3A (°C)	T4A (°C)	T5A (°C)	T1B (°C)	T2B (°C)	T4B (°C)	T5B (°C)
0	16.5	342	2.2	30	180	65	7.9	43.3	17.5	15	11.4	8.6	10.7	10.5	18.9
5	16.5	368.3	2.1	38	240	65	6.2	52.1	20.3	15.6	10.8	8.9	10.9	10.8	15.9
10	16.5	374.8	3.3	38	245	68	6.5	52.4	21.4	15.6	11.1	9	10.8	10.5	15.9
15	16.6	453.1	3.3	38	245	65	6	52.4	21.7	15.2	10.3	8.4	10	9.8	15.9
20	16.9	460.3	1.1	38	245	68	5.8	52.2	22.5	15.2	9.9	8.6	10.6	10.6	15.9
25	17.4	449.7	1.1	39	250	68	6.5	53.1	23.3	15.6	10.5	8.9	10.5	10.6	15.9
30	17.7	219.3	2.2	39	250	68	6.2	53.2	24	15.6	9.8	8.6	10.4	10.5	15.8
35	17.9	234.4	1.1	39	255	70	6.2	53.4	24.6	15.6	9.9	8.6	10.4	10.5	15.7
40	17.8	221.9	1.1	40	260	70	6.8	54.3	25.5	16.2	10.6	9.6	11.4	11.4	15.6
45	18	179.4	0	40	260	70	6.8	54.7	26.6	16.2	10.2	9.3	11	11.1	16
50	18	232.4	2.2	40	260	70	7.2	54.7	26.9	16.2	10.5	9.6	11	11.2	16.5
55	17.6	205.8	1.1	40	265	72	7	55.1	27.9	16	9.9	9	10.5	11	17
60	17.5	270.8	2.2	40	265	72	6.8	54.8	28.5	16	9.8	9.3	10.4	11.1	17
65	17.3	220.7	1.1	40	265	72	6.4	55.3	29.2	16	9.5	8.8	10.1	10.6	17.1
70	17.3	214.8	4.4	40	265	72	6.8	55.3	29.5	16	9.7	8.9	10.3	10.8	16.6
75	17.2	194.5	2.2	40	270	75	7.2	55.7	30.2	16	9.8	9.2	10.4	11.1	16.5
80	17.1	145.3	4.4	40	270	75	7.2	56	31.1	16.1	9.8	9.2	10.4	11.1	16.3
85	17	163.3	2.2	42	270	75	7.2	56.3	31.4	16.2	9.8	9.2	10.4	11.1	16.2
90	16.9	142	1.1	42	275	75	7.2	57.2	32.4	16.2	10.2	9.6	10.5	11.3	16.5
95	16.8	138.9	2.2	40	280	75	7.6	57.2	33.1	16.5	10.2	9.8	10.8	11.8	16.5
100	16.8	145.2	1.1	42	280	80	8	58.5	33.7	17.2	10.8	10.7	12	12.7	17.2
105	16.9	143.4	1.1	44	290	80	8.5	59.4	34.3	17.8	11.1	11.2	12.6	13.1	17
110	17.1	100.6	2.2	44	290	80	8.5	59.7	34.8	17.4	11.1	10.7	11.8	12.5	16.6
115	17.1	78.43	1.1	44	290	80	8.5	59.5	35.3	17.6	11.5	10.6	11.7	12.4	16.3
120	17.1	82.3	1.1	44	290	80	8.5	59.6	35.3	17.6	11.5	10.7	11.8	12.5	16.4

Anexo 28 Bomba de calor - Prueba 2

Tiempo (min)	Ta (°C)	Radiación del cielo (W·m ⁻²)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	P1 (PSI)	P2 (PSI)	P3 (PSI)	T1A (°C)	T2A (°C)	T3A (°C)	T4A (°C)	T5A (°C)	T1B (°C)	T2B (°C)	T4B (°C)	T5B (°C)
0	11.4	0	0	28	140	50	11.4	11.6	11.4	11.1	10.7	9.9	10.1	9.8	10.1
5	11.8	0	0	24	190	55	2.1	39.7	16.2	7.4	2.1	0.3	1.4	1.9	6.1
10	12.7	0	0	27	200	50	-0.8	42.8	17.5	7.9	3.1	1.3	2.6	3.1	6.1
15	12.6	0	0	28	210	55	0.1	44.4	18.5	8.5	3.4	2.2	3.3	3.7	6.4
20	10.8	0	0	30	220	55	0.4	44.8	18.8	8.8	3.7	2.5	3.6	4.2	6.4
25	10.7	0	0	30	220	55	0.8	45.1	19.8	8.8	3.7	2.8	3.9	4.4	6.1
30	10.9	0	0	32	220	55	0.8	45.6	20.4	9.1	4	3	4	4.5	6.3
35	10.8	0	0	30	220	55	0.8	45.8	21.3	9.5	3.9	2.9	4	4.5	6.3
40	11	0	0	30	220	55	1.1	46.4	21.7	9.5	4	3.1	4	4.8	6.3
45	10.9	0	0	32	220	60	1.6	46.8	22.4	9.8	4.3	3.4	4.6	5.2	6.7
50	10.9	0	0	32	220	60	1.7	47	22.7	9.8	4.3	3.8	4.9	5.3	6.8
55	10.9	0	0	32	220	60	1.9	47.9	23.3	10.1	4.3	3.8	4.8	5.4	7
60	10.8	0	0	32	230	60	2	47.7	23.9	10.1	4.4	3.8	4.7	5.6	5.5
65	10.9	0	0	32	240	60	2	48.3	24.6	10.4	4.9	4.4	5.3	6	7.4
70	11.1	0	0	34	240	60	2.7	49	25	10.7	5.2	4.4	5.5	6.1	7.7
75	10.9	0	0	34	240	60	2.7	49	25.9	11	4.9	4.5	5.6	6.3	7.7
80	10.9	0	0	34	240	60	2.7	49.4	26.3	11.1	5.3	4.7	5.6	6.5	7.8
85	10.9	0	0	34	240	65	3.3	49.9	26.9	11.1	5.4	4.8	5.8	6.8	8.2
90	11	0	0	34	240	65	3.3	50	27.5	11.1	5.6	5	5.9	6.9	8.3
95	11	0	0	34	250	65	3.3	50.6	28.4	11.4	5.6	5.4	6.1	7.2	8.7
100	11	0	0	36	250	65	3.7	51	29.1	11.7	5.9	5.7	6.5	7.4	8.7
105	11.1	0	0	36	260	65	4	51.8	29.5	12	5.9	6	6.5	7.7	8.9
110	11.1	0	0	36	260	65	4.1	52.1	30.1	12.4	6.2	6	6.9	8.1	9.2
115	11.1	0	0	36	260	70	4.3	52.5	30.4	12.4	6.3	6.3	7.2	8.4	9.3
120	11.1	0	0	38	260	70	4.3	53.1	31.2	12.7	6.3	6.7	7.4	8.5	9.5

Anexo 29 Bomba de calor - Prueba 3

Tiempo (min)	Ta (°C)	Radiación del cielo (W·m ⁻²)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	P1 (PSI)	P2 (PSI)	P3 (PSI)	T1A (°C)	T2A (°C)	T3A (°C)	T4A (°C)	T5A (°C)	T1B (°C)	T2B (°C)	T4B (°C)	T5B (°C)
0	15.6	710.3	1.1	42	180	80	30	29	16	17.3	28.5	36.2	38.4	21.1	27.4
5	15.8	691	6.7	58	330	90	14.1	62.4	21.3	19.7	16.3	21.7	26.5	25	30.9
10	16	557	3.3	62	360	100	15.9	66.4	23.3	21.8	18.5	24.2	29.2	27.5	33
15	16.3	257.1	1.1	48	330	80	10.1	61.1	24.2	18.4	13.5	12.9	15.2	14.4	18.1
20	16.6	395	0	48	310	80	9.8	58	24.9	18.8	13.3	13.5	16.5	15.4	19.6
25	16.7	295.2	0	46	310	75	9.5	58.1	25.3	18.6	13.1	13.1	15.6	15	18.7
30	16.7	273.5	3.3	44	310	75	8.5	56.7	26.2	17.5	12.1	12.1	14.3	14.3	17.4
35	16.5	803.2	2.2	66	370	105	16.8	66.7	28.9	23.7	18.8	25.2	29.9	28.1	34
40	16.6	765.1	2.2	70	400	110	19	70.7	30	25.5	20.3	27.1	32.2	30	36
45	16.6	654.6	3.9	68	410	105	17.9	72.1	31.4	25	19.2	21.8	25.5	23.6	29.3
50	16.5	313.6	3.3	54	380	90	13	66.1	32.4	22.3	15.9	16.3	18.5	18	21.5
55	16.5	276.7	2.2	52	360	90	12	64.2	32.4	21.1	14.7	15.2	17.1	17.1	20
60	16.4	293.5	2.2	50	360	90	11.6	63.3	33.3	20.7	14.4	15.1	17.1	17.2	20.1
65	16.4	236.7	4.4	50	340	90	10.8	62.1	33.9	19.8	13.7	14.3	16.1	16.4	18.9
70	16.1	261	4.4	50	350	90	11.5	63.3	35	20.7	14.3	14.7	16.5	16.7	19.4
75	16	208.1	4.4	50	340	90	11.1	63.3	35.2	20.4	13.8	14.2	15.8	16.2	18.6
80	15.7	324.1	2.2	54	380	95	12.8	65.8	36.9	22.3	15.5	16.2	18.1	18.2	21.2
85	15.6	258.6	1.1	52	360	90	11.6	63.6	37	20.3	13.9	14.8	16.5	16.8	19.2
90	15.5	415.3	4.4	60	380	100	13.7	66.9	38.8	22.3	15.9	17.9	19.9	19.8	22.8
95	15.5	325.4	3.3	56	380	100	13.6	67.2	39.2	22.3	15.6	18.5	20.5	21.5	24.2
100	15.7	643.7	3.3	80	480	125	21	77.9	42.9	27.8	20.8	27.2	30.5	29.6	33.6
105	16	554.6	3.3	200	300	235	23.8	54.6	37.9	25.1	21.6	32.7	30.5	32.9	34.9

Anexo 30 Bomba de calor - Prueba 4

Tiempo (min)	Ta (°C)	Radiación del cielo (W·m ⁻²)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	P1 (PSI)	P2 (PSI)	P3 (PSI)	T1A (°C)	T2A (°C)	T3A (°C)	T4A (°C)	T5A (°C)	T1B (°C)	T2B (°C)	T4B (°C)	T5B (°C)
0	9.1	0	0	28	140	45	-1.07	26	13.7	6.9	2.3	-1.1	0.1	0.8	3.1
5	9.1	0	0	26	180	50	-2	40.6	17.1	6.7	1.6	-0.1	0.8	1.7	3.7
10	9.1	0	0	26	180	50	-1.5	41.3	17.4	6.9	1.8	0.2	1	2	4
15	9.1	0	0	26	200	50	-1.2	41.6	17.8	7	2.2	0.5	1.4	2.3	4.3
20	9.1	0	0	26	200	50	-1.2	41.9	18.5	7.4	1.8	0.7	1.6	2.4	4.4
25	9.1	0	0	30	200	55	-0.2	43.2	19.9	8.6	4	1.2	2.3	3.3	5.1
30	9.1	0	0	30	200	55	0.2	43.8	20.4	9.1	3.9	1.5	2.6	3.4	5.2
35	9.2	0	0	28	205	55	0.6	44.1	21	9.8	4.9	1.9	2.6	3.5	5.6
40	9.2	0	0	30	220	55	0.5	44.5	21.1	9.6	4.2	2.2	3	3.7	5.7
45	9.6	0	0	30	220	55	0.8	44.9	21.8	10.1	4.5	2.5	3.3	4.1	5.7
50	9.6	0	0	30	220	60	1.1	45.5	22.3	10.7	5	3.2	3.9	4.7	6.4
55	9.6	0	0	32	220	60	1.3	46.3	23	12.1	5.9	2.9	3.9	4.7	6.7
60	9.3	0	0	32	220	60	1.7	46.7	23.8	12.5	6	3.5	3.9	5.1	7
65	9.4	0	0	32	220	60	2	47.8	24.7	12.5	5.8	3.8	4.6	5.7	7.3
70	9.3	0	0	32	220	60	2.1	48	25.4	11.8	5.7	3.8	4.9	5.7	7.4
75	9.3	0	0	32	225	60	2.3	48	25.7	12	5.7	4.1	4.9	6	7.6
80	9.4	0	0	32	225	65	2.4	48.6	26.3	12.2	5.9	4.1	5	6	7.6
85	9.3	0	0	34	225	60	2.8	49.2	27.1	12.6	6.4	4.6	5.3	6.3	8
90	9.4	0	0	34	230	60	3.15	49.9	28.1	13	6.3	5.1	5.7	6.9	8.3
95	9.4	0	0	34	240	65	3.1	50.3	28.5	13.1	6.6	5.1	5.9	6.9	8.3
100	9.4	0	0	34	240	65	3.5	50.7	29.5	13.2	6.9	5.4	6.2	7.3	8.5
105	9.4	0	0	36	240	65	3.6	51.1	29.5	13.6	7.1	5.4	6.2	7.3	8.7
110	9.5	0	0	36	245	65	3.7	51.3	29.8	13.7	7.1	5.5	6.2	7.4	8.7

Anexo 31 Bomba de calor - Prueba 5

Tiempo (min)	Ta (°C)	Radiación del cielo (W·m ⁻²)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	P1 (PSI)	P2 (PSI)	P3 (PSI)	T1A (°C)	T2A (°C)	T3A (°C)	T4A (°C)	T5A (°C)	T1B (°C)	T2B (°C)	T4B (°C)	T5B (°C)
0	12.8	404.7	3.3	40	220	70	6.6	50.6	19.5	15.6	10.5	11.1	14	12.8	19
5	12.9	398.4	3.3	40	260	70	7	52.4	20.4	15.9	10.6	12.5	14.9	14	19.3
10	14.5	523	3.3	46	270	75	9.1	55.3	22	17.5	12.3	14.4	17.3	15.9	21.8
15	13.1	463.5	3.3	46	280	75	9.1	56.3	23.1	18.1	12.4	13.8	16.9	15.7	21.6
20	13.2	507.5	1.1	46	280	80	9.4	56.9	23.6	18.2	12.7	13.5	16.4	15.2	21
25	13.4	391.1	3.3	44	280	75	9	56.3	24.3	17.5	12.1	13.1	16	14.7	20.2
30	13.6	298.2	5.5	42	280	75	7.9	55	25	16.6	11.8	12.9	15.6	14.2	19.6
35	13.5	342.6	1.1	42	280	75	7.9	55.1	25.9	16.6	11.1	12.4	14.9	14	19
40	13.4	348	3.3	42	280	75	7.9	55.3	26.3	16.9	11.1	11.9	14.3	13.7	18.3
45	13.4	376.1	3.3	44	280	75	8.5	56	26.9	17.5	11.6	12.5	14.9	14.3	19
50	13.3	420.6	2.2	46	280	80	8.8	56.9	27.6	17.7	11.8	13.5	15.8	15.2	20.2
55	13	375.8	3.3	46	300	80	9.5	58.8	29.2	18.8	12.4	13.4	15.7	15.3	19.9
60	13	375.1	3.3	46	300	80	9.5	58.8	29.5	18.6	12.4	13.4	15.9	15.3	20
65	13.1	401.4	1.1	48	300	85	11.4	62.3	31.9	19.9	13.7	15	17.3	17	21.5
70	13.2	408.4	3.3	50	320	90	11.5	62.4	32.1	20.2	13.8	15.2	17.4	17.1	21.8
75	13.2	356.8	4.4	50	320	85	10.7	61.1	31.8	19.5	13.1	15	17.1	16.7	21.2
80	13.3	447.2	4.4	52	320	90	12.4	63.2	33.1	20.7	14.6	18.2	20.7	19.8	25.4
85	13.6	512.4	4.4	52	320	90	12.5	63.9	33.8	20.9	14.8	17.5	20.5	19.7	25
90	13.7	558.6	2.2	54	340	95	12.7	64.4	34.7	21.3	15	17.7	20.2	19.5	24.8
95	13.8	351.2	2.2	54	340	95	12.7	65	35.3	21.6	15	17.5	19.8	19.4	24.4
100	13.9	225	0	48	340	85	11.3	64	35.8	19	12.9	15.3	15.6	16.4	19.4
105	14	199.1	3.3	48	340	85	10	61.7	36.3	18.9	12.1	12.8	14.3	14.7	17
110	13.8	721.6	5.5	54	340	95	12.4	62.9	37	20.4	14.2	20.5	23.2	22.7	26.6
115	14	702.3	3.3	64	380	105	15.9	68.6	38.2	23.9	17.2	24	27.8	13.7	25.6
120	14.1	721.8	5.5	70	400	115	18.8	73.4	40.3	26.5	19.2	24.6	27.8	26.6	33.1

Anexo 32 Bomba de calor - Prueba 6

Tiempo (min)	Ta (°C)	Radiación del cielo (W·m ⁻²)	Velocidad del viento (m·s ⁻¹)	P1 (PSI)	P2 (PSI)	P3 (PSI)	T1A (°C)	T2A (°C)	T3A (°C)	T4A (°C)	T5A (°C)	T1B (°C)	T2B (°C)	T4B (°C)	T5B (°C)
0	11.6	347.7	1.1	42	200	70	8.5	45.5	18.8	16.4	11.8	11.2	14.9	13.1	20.4
5	11.7	497.2	2.2	44	260	80	8.5	55	21.4	17.5	11.7	16.3	19.4	18.9	25.55
10	12	486.6	2.2	48	300	80	10.1	59.1	23.1	18.8	12.9	13.8	16.9	15.8	22
15	12.2	399.8	3.3	42	300	75	7.8	54.7	23.5	16.2	10.8	12	14.6	14.2	18.9
20	12.3	393.6	3.3	42	300	75	7.9	54.9	24.4	16.2	10.7	12.5	14.9	14.4	19.3
25	12.4	450.6	3.3	42	300	75	8.1	55.4	25	16.9	11.1	12.8	15.2	15.3	20.2
30	12.5	392.1	3.3	44	300	75	8.5	56.7	26.3	17.5	11.5	13.8	15.8	16	20.9
35	12.5	368.9	3.3	46	300	75	8.8	57.2	26.9	17.5	11.5	12.5	15	14.7	19.3
40	12.4	294	2.2	42	300	75	7.7	55.7	27.6	16.6	10.5	11.5	13.4	13.4	17.3
45	12.2	357.7	3.3	44	300	75	8.5	56.9	28.5	17.3	11.1	12.9	15	14.9	18.9
50	12.1	303.3	2.2	44	300	75	8.5	56.9	29.3	17.2	11	12	14	14	17.7
55	12.1	268.3	1.1	44	300	75	8.2	56.9	29.5	16.9	10.8	11.9	13.7	13.8	17.3
60	11.9	591.5	1.1	52	300	85	11	59.9	31.1	19.7	13.4	16.9	19.4	19.2	25
65	11.9	514.6	4.4	54	320	90	12.1	62.3	31.7	20.7	14	17.9	20.6	20.2	25.6
70	11.9	855.3	2.2	60	340	100	13.9	64.5	33.1	21.7	15.3	19.9	23	22.4	28.5
75	12	531.9	2.2	56	360	100	13.7	65.5	33.7	21.7	15.5	21.1	23.6	23.4	28.9
80	12	682.4	6.7	60	360	100	14.9	66.7	35	22.4	15.9	20	22	22.4	28.7
85	12	501.9	3.3	56	360	98	13.4	66.1	35.6	21.8	15	17.7	19.6	19.9	24.7
90	12.3	564.6	3.3	60	360	100	14.3	66.8	36.9	23	15.9	19.3	21.4	21.6	27.4
95	12.2	475.3	2.2	58	340	96	14.4	67.5	37.6	24	15.9	16.7	14.5	15.6	20.2
100	12.1	308.8	2.2	58	340	96	14	68	38	23.5	14.7	15.8	13.8	14.7	19.8
105	12	429.5	2.2	58	340	96	14.2	68.1	38.4	23.2	14.3	15.6	13.7	14.8	20.1
110	11.9	375.8	0	60	360	98	15.1	69.3	39.1	24.4	14.8	15.9	13.8	14.9	20.2
115	12	389.4	3.3	60	360	98	15.2	69.5	39.4	24.9	15	16.1	14.2	15.3	20.4
120	12.8	576.1	3.3	62	362	98	15.4	71.2	39.8	24.5	16.2	18.5	20.2	22.1	26.5

Anexo 33 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 1

Tiempo (min)	Q _{coll} (W)	Q _r (W)	Q _{cond} (W)	W _{com} (W)	m _r (kg·s ⁻¹)	COP
0	61.14	10.64	61.67	0.54	0.006233659	---
5	134.52	8.59	278.57	144.05	0.009237853	1.93
10	9.77	4.58	173.52	163.75	0.00983931	1.06
15	59.37	6.57	183.99	124.62	0.007636515	1.48
20	45.68	7.14	162.12	116.44	0.007668889	1.39
25	48.69	6.82	161.08	112.39	0.007325653	1.43
30	150.95	7.33	250.43	99.48	0.007004942	2.52
35	92.21	6.83	243.98	151.77	0.009788491	1.61
40	57.12	5.16	232.22	175.10	0.011083665	1.33
45	63.28	5.88	241.91	178.63	0.010366403	1.35
50	30.74	6.70	160.00	129.25	0.008523411	1.24
55	54.77	12.42	183.95	129.18	0.008187703	1.42
60	59.42	11.51	175.18	115.76	0.00790434	1.51
65	111.89	8.03	240.84	128.95	0.007954363	1.87
70	78.78	11.53	205.03	126.25	0.007918916	1.62
75	93.46	7.69	232.51	139.05	0.007943921	1.67
80	17.26	7.94	144.70	127.44	0.008530954	1.14
85	40.92	7.66	167.17	126.26	0.008238205	1.32
90	63.99	7.53	222.29	158.29	0.009572723	1.40
95	54.72	8.07	188.40	133.68	0.008855207	1.41
100	15.80	7.55	226.42	210.62	0.012673293	1.08
105	18.48	8.85	263.29	242.78	0.014608651	1.08

Anexo 34 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 2

Tiempo (min)	Q _{coll} (W)	Q _r (W)	Q _{cond} (W)	W _{com} (W)	m _r (kg·s ⁻¹)	COP
0	119.37	8.78	123.23	3.87	0.004196141	---
5	108.30	5.30	159.59	51.29	0.003800897	3.11
10	107.49	5.50	176.99	69.50	0.004193962	2.55
15	103.51	5.24	180.10	76.58	0.004509157	2.35
20	82.43	5.24	153.69	71.26	0.004508743	2.16
25	81.42	5.23	152.64	71.22	0.00450115	2.14
30	80.46	7.46	169.24	88.78	0.00518966	1.91
35	80.45	7.20	155.36	74.91	0.00450115	2.07
40	81.47	7.01	158.32	76.85	0.004495472	2.06
45	77.50	6.76	169.78	92.28	0.005171857	1.84
50	77.50	6.76	170.52	93.02	0.005169641	1.83
55	77.50	7.52	175.02	97.53	0.005165213	1.79
60	75.50	7.29	164.41	88.91	0.00515168	1.85
65	71.56	7.17	157.32	85.76	0.005140357	1.83
70	70.60	7.52	165.94	95.34	0.005476988	1.74
75	71.56	8.66	166.90	95.34	0.005476988	1.75
80	67.60	8.20	165.51	97.91	0.005476988	1.69
85	66.61	7.95	164.72	98.11	0.005462827	1.68
90	65.63	7.50	164.39	98.76	0.005462827	1.66
95	65.63	7.51	160.60	94.97	0.005451537	1.69
100	62.66	7.25	165.78	103.12	0.005794452	1.61
105	63.66	7.23	162.80	99.14	0.005775622	1.64
110	60.69	7.14	161.41	100.71	0.005773116	1.60
115	59.70	7.14	162.16	102.46	0.005768111	1.58
120	59.70	8.34	174.36	114.66	0.00612128	1.52

Anexo 35 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 3

Tiempo (min)	Q _{coll} (W)	Q _r (W)	Q _{cond} (W)	W _{com} (W)	m _r (kg·s ⁻¹)	COP
0	61.14	10.64	61.67	0.54	0.006233659	---
5	134.52	8.59	278.57	144.05	0.009237853	1.93
10	9.77	4.58	173.52	163.75	0.00983931	1.06
15	59.37	6.57	183.99	124.62	0.007636515	1.48
20	45.68	7.14	162.12	116.44	0.007668889	1.39
25	48.69	6.82	161.08	112.39	0.007325653	1.43
30	150.95	7.33	250.43	99.48	0.007004942	2.52
35	92.21	6.83	243.98	151.77	0.009788491	1.61
40	57.12	5.16	232.22	175.10	0.011083665	1.33
45	63.28	5.88	241.91	178.63	0.010366403	1.35
50	30.74	6.70	160.00	129.25	0.008523411	1.24
55	54.77	12.42	183.95	129.18	0.008187703	1.42
60	59.42	11.51	175.18	115.76	0.00790434	1.51
65	111.89	8.03	240.84	128.95	0.007954363	1.87
70	78.78	11.53	205.03	126.25	0.007918916	1.62
75	93.46	7.69	232.51	139.05	0.007943921	1.67
80	17.26	7.94	144.70	127.44	0.008530954	1.14
85	40.92	7.66	167.17	126.26	0.008238205	1.32
90	63.99	7.53	222.29	158.29	0.009572723	1.40
95	54.72	8.07	188.40	133.68	0.008855207	1.41
100	15.80	7.55	226.42	210.62	0.012673293	1.08
105	18.48	8.85	263.29	242.78	0.014608651	1.08

Anexo 36 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 4

Tiempo (min)	Q _{coll} (W)	Q _r (W)	Q _{cond} (W)	W _{com} (W)	m _r (kg·s ⁻¹)	COP
0	79.20	5.81	114.31	35.11	0.004611395	3.26
5	86.11	5.10	163.25	77.14	0.004229724	2.12
10	84.14	5.32	162.56	78.43	0.004220733	2.07
15	80.18	5.46	147.07	66.88	0.004192594	2.20
20	84.14	5.85	152.49	68.36	0.004192594	2.23
25	62.39	5.45	148.70	86.31	0.004879515	1.72
30	63.38	6.07	151.15	87.77	0.004871192	1.72
35	54.49	6.96	128.96	74.47	0.004505321	1.73
40	61.42	7.57	138.09	76.68	0.004842241	1.80
45	62.46	6.75	140.09	77.63	0.004836062	1.80
50	57.51	7.03	137.23	79.72	0.004829899	1.72
55	48.60	6.48	139.26	90.67	0.005178519	1.54
60	44.60	6.85	135.80	91.20	0.005169641	1.49
65	47.58	7.28	144.03	96.45	0.005163002	1.49
70	47.57	6.89	144.75	97.18	0.005160793	1.49
75	47.57	6.88	140.36	92.79	0.005150726	1.51
80	46.59	6.44	139.10	92.51	0.005148525	1.50
85	40.63	7.26	147.54	106.91	0.005491593	1.38
90	42.63	7.64	148.59	105.96	0.005477657	1.40
95	39.65	7.63	141.33	101.68	0.005467539	1.39
100	36.68	7.08	138.91	102.24	0.005458123	1.36
105	34.69	7.70	146.59	111.90	0.005808277	1.31
110	35.70	7.93	144.89	109.20	0.005800103	1.33

Anexo 37 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 5

Tiempo (min)	Q _{coll} (W)	Q _r (W)	Q _{cond} (W)	W _{com} (W)	m _r (kg·s ⁻¹)	COP
0	81.26	10.63	206.17	124.91	0.006456955	1.65
5	81.28	6.76	183.52	102.24	0.006401024	1.79
10	78.51	7.49	206.09	127.58	0.00738329	1.62
15	33.27	8.03	169.46	136.19	0.007372105	1.24
20	20.59	7.09	150.89	130.30	0.007362383	1.16
25	51.33	7.35	171.34	120.01	0.007023165	1.43
30	90.44	6.24	197.80	107.35	0.006704674	1.84
35	52.26	6.27	160.43	108.17	0.006704674	1.48
40	81.35	6.27	191.14	109.80	0.006704674	1.74
45	66.34	7.37	187.14	120.81	0.007038498	1.55
50	47.29	8.34	181.82	134.54	0.007381853	1.35
55	30.25	7.99	158.95	128.69	0.007336818	1.24
60	30.25	7.99	158.95	128.69	0.007336818	1.24
65	2.25	7.57	155.27	153.02	0.007500079	1.01
70	18.27	7.69	164.93	146.66	0.007952288	1.12
75	15.93	9.28	155.69	139.76	0.007980176	1.11
80	5.00	7.14	160.56	155.56	0.008253599	1.03
85	8.70	6.45	171.44	162.75	0.008249977	1.05
90	9.99	7.98	165.13	155.14	0.008579145	1.06
95	7.79	7.98	169.62	161.82	0.008579145	1.05
100	22.32	7.30	155.05	132.73	0.007468457	1.17
105	69.43	8.91	190.95	121.52	0.007628681	1.57
110	7.99	7.99	148.88	140.89	0.008590554	1.06
115	6.55	9.47	183.06	176.51	0.01017607	1.04
120	12.65	12.90	230.27	217.62	0.011093739	1.06

Anexo 38 Resultados obtenidos de la bomba de calor – Prueba 6

Tiempo (min)	Q _{coll} (W)	Q _r (W)	Q _{cond} (W)	W _{com} (W)	m _r (kg·s ⁻¹)	COP
0	8.75	12.61	107.75	99.00	0.006776522	1.09
5	12.09	7.39	142.61	130.52	0.007060869	1.09
10	30.02	7.14	165.18	135.16	0.007670008	1.22
15	54.17	7.09	142.33	88.16	0.006685203	1.61
20	60.19	7.37	149.40	89.21	0.006682302	1.67
25	51.20	6.24	143.35	92.16	0.006676509	1.56
30	42.20	7.34	151.30	109.10	0.007016128	1.39
35	42.20	7.70	161.03	118.83	0.007359454	1.36
40	56.50	7.78	153.69	97.19	0.006688106	1.58
45	45.17	6.79	156.03	110.86	0.007016128	1.41
50	37.80	6.85	148.66	110.86	0.007016128	1.34
55	33.77	7.45	146.63	112.86	0.007025331	1.30
60	24.04	9.39	177.68	153.64	0.008268995	1.16
65	15.96	8.50	173.40	157.44	0.008580616	1.10
70	14.25	8.94	187.83	173.58	0.009608605	1.08
75	31.15	8.26	178.44	147.29	0.008873435	1.21
80	17.46	7.50	186.11	168.66	0.009542994	1.10
85	7.08	8.27	163.87	156.79	0.0088853	1.05
90	27.48	8.41	203.13	175.65	0.009568941	1.16
95	26.47	9.05	211.37	184.90	0.008880931	1.14
100	12.40	11.46	206.37	193.98	0.008896721	1.06
105	8.07	11.91	201.41	193.34	0.008888819	1.04
110	13.48	11.89	212.40	198.92	0.009534376	1.07
115	17.73	11.08	218.16	200.43	0.009530073	1.09
120	29.24	9.17	254.17	224.93	0.00985765	1.13

Anexo 39 Imágenes termográficas

Tabla A 39. 1 Datos informativos de la cámara termográfica

Cámara Termográfica Fluke	
Modelo de cámara	Ti200
Tamaño de sensor IR	200 x 150
Fabricante	Fluke Thermography
Rango de calibración	-20 °C a 80 °C
Número de serie de la cámara	Ti200-16090393
Versión SOC	3.14.0

Tabla A 39. 2 Datos informativos de la imagen

Hora del registro	16:26:48
Temperatura de fondo	19 °C
Transmisión	93 %
Rango de la imagen	14.7 a 38.0 °C
Temperatura promedio	19.5 °C
Distancia al objetivo	1.87 m

Tabla A 39. 3 Comparación de temperaturas

Referencia	Temperatura Termografía (°C)	Temperatura Termocupla (°C)
T4A	22.6	23
T5A	15.9	15.9
T1B	19	19.3
T2B	18.7	21.4
T4B	21.3	21.6
T5B	26.9	27.4

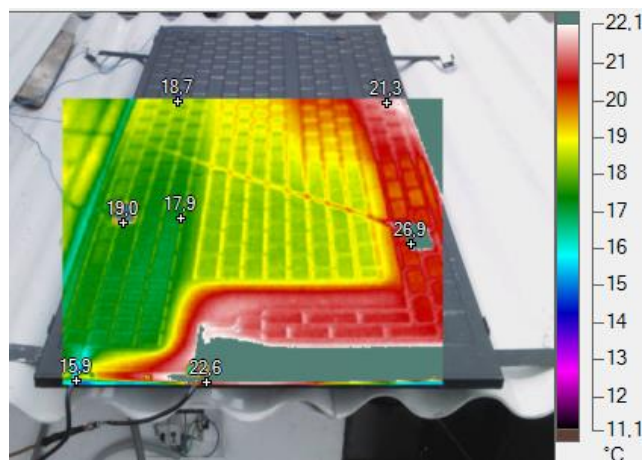


Figura A 39. 1 Temperatura del colector / evaporador.

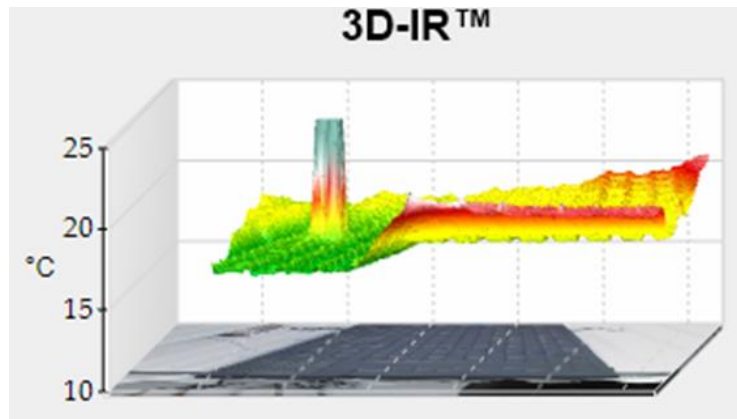


Figura A 39. 2 Distribución 3D de la temperatura en el colector / evaporador.

Tabla A 39. 4 Datos informativos de la imagen

Hora del registro	13:55:34
Temperatura de fondo	19 °C
Transmisión	93 %
Rango de la imagen	15.7 a 38.2 °C
Temperatura promedio	19.9 °C
Distancia al objetivo	1.87 m

Tabla A 39. 5 Comparación de temperaturas

Referencia	Temperatura Termografía (°C)	Temperatura Termocupla (°C)
T4A	24.1	24.5
T5A	16.2	16.2
T1B	18.2	18.5
T2B	19.7	20.2
T4B	21.7	22.1
T5B	32.1	26.5

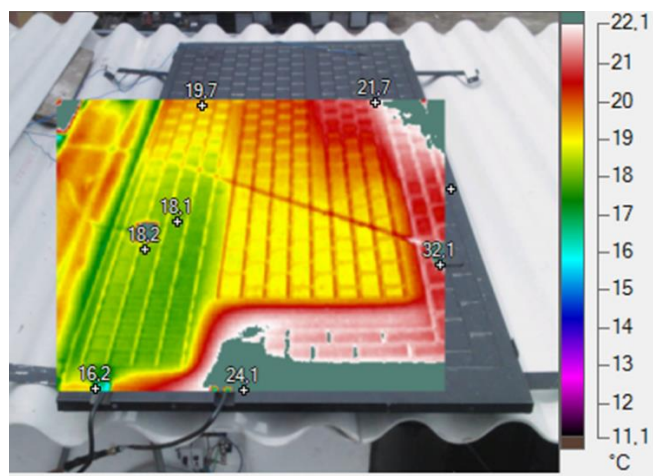


Figura A 39. 3 Temperatura del colector / evaporador.

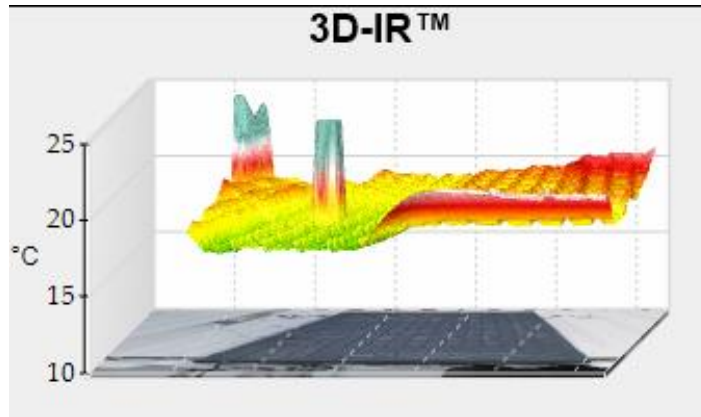


Figura A 39. 4 Distribución 3D de la temperatura en el colector / evaporador.

Tabla A 37. 6 Datos informativos de la imagen

Hora del registro	08:35:30
Temperatura de fondo	19.0 °C
Transmisión	93%
Rango de la imagen	7.7 a 20.2 °C
Temperatura promedio	11.8 °C
Distancia al objetivo	1.90 m

Tabla A 37. 7 Comparación de temperaturas

Referencia	Temperatura Termografía (°C)	Temperatura Termocupla (°C)
T4A	16.3	16.6
T5A	10.1	10.5
T1B	11.2	11.5
T2B	11.2	13.4
T4B	13.4	13.4
T5B	17.1	17.3

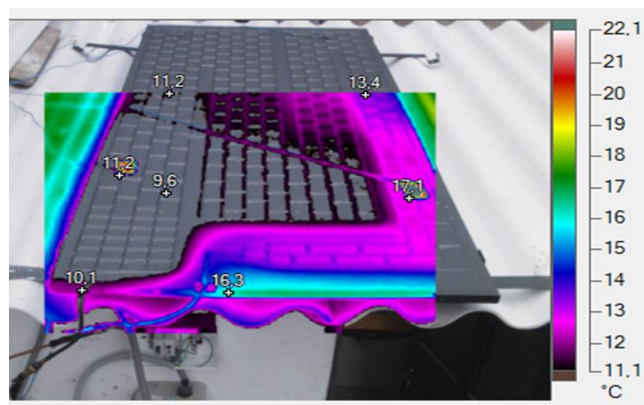


Figura A 37. 5 Temperatura del colector / evaporador.

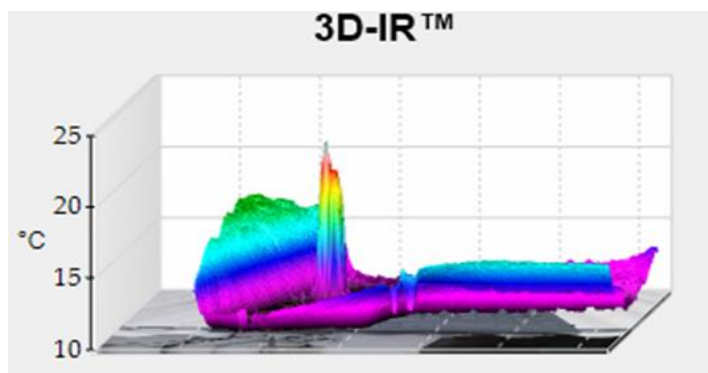


Figura A 37. 6 Distribución 3D de la temperatura en el colector / evaporador.

Anexo 40 Carga de la batería con paneles solares

Descripción de la prueba	Valor determinado
Porcentaje de carga inicial	4%
Porcentaje de carga final	99%
Radiación promedio general	353.8 W·m ⁻²
Tiempo total de carga	31.5 h

Anexo 41 Carga total con equipo externo

Descripción de la prueba	Valor determinado
Porcentaje de carga inicial	1%
Porcentaje de carga final	100%
Parámetros de carga	12V - 12A
Tiempo total de carga	14 h

Anexo 42 Descarga de la batería con consumo de 150 W y 330 W

Descripción de la prueba	Valor determinado	Valor determinado
Porcentaje de carga inicial	100%	100%
Porcentaje de carga final	1%	6%
Parámetros de descarga	150W	330W
Tiempo total de descarga	16 horas 17 minutos	6 horas 55 minutos

Anexo 43 Inclinación de los paneles solares.

Graduación (°)	Intensidad promedio	Radiación promedio $W \cdot m^{-2}$
A		
0	12.04545982	294.77
5	9.593257389	263.30
10	8.7859375	300.43
15	8.3171875	298.42
30	8.779545455	305.93
45	9.333396465	297.12

Esta prueba fue realizada para determinar el ángulo óptimo de inclinación en la zona, para el resumen se toma solamente los valores a usar en este documento. Los otros datos medidos quedan como respaldo y aporte para futuras investigaciones que puedan darse en la zona.

Anexo 44 Resumen de las pruebas en la bomba de calor

Prueba	Tiempo de funcionamiento (min)	Temperatura inicial del agua (°C)	Temperatura final del agua (°C)	Radiación promedio ($W \cdot m^{-2}$)	Detalles de la prueba
1	120	12.2	35.1	231.27	Prueba realizada en la tarde con la placa colectora en la sombra.
2	120	7.1	29.6	0	Prueba realizada en la noche y bajo lluvia moderada.
3	105	16.2	42.5	433.24	Esta prueba se realizó en la mañana con la placa colectora expuesta al sol.
4	110	12.5	31.2	0	Prueba realizada en la noche
5	120	15	45.2	433.22	Esta prueba se realizó en la mañana con la placa colectora expuesta al sol.
6	120	12.9	36.5	232.328	Prueba realizada en la tarde con la placa colectora en la sombra.
7	120	12.1	41.6	454.276	Esta prueba fue realizada a medio día, con el cielo parcialmente nublado.

Anexo 45 Instalación y adecuación del camper



